



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE  
MINAS**

Gestión Multicriterio para la Optimización de la Productividad en la  
Cantera RB, Ferreñafe.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO DE MINAS**

**AUTORES:**

Jave de la Cruz, Jeffry David (ORCID:0000-0002-8014-2935)  
Santa Cruz Liza, Luis Enrique (ORCID:0000-0002-4620-4784)

**ASESOR:**

Mg. Siccha Ruiz, Orlando Alex (ORCID:0000-0002-0638-2391)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Evaluación de Yacimientos Minerales

**CHICLAYO – PERÚ**

**2021**

## **Dedicatoria**

Dedicado especialmente este proyecto de investigación primeramente a Dios por haberme acompañado en el transcurso de mi carrera profesional, agradecer inmensamente a mi padre Ronald David & a mi madre Doris Giovanna por darme el apoyo incondicional ya que son mi inspiración el motivo de seguir adelante cada día de mi vida. A mis amigos que me motivaron en no quedarme atrás y a todas esas personas que pude conocer en esta etapa de mi vida. Muchas gracias de Corazón

***Jeffry David***

Este proyecto de investigación, está dedicado principalmente a nuestro soberano Dios, quien en su eterna misericordia nos ha permitido culminar nuestra formación profesional y por permitir que las personas especiales para nosotros estén aun de nuestro lado como es el caso de nuestros padres, familiares y amigos. Quienes son el motor y motivo para seguir esforzándonos cada día por salir adelante. Y todas las personas que estuvieron de nuestra parte cuando realmente los necesitamos.

***Luis Enrique***

## **Agradecimiento**

Agradecemos a Dios en primer lugar, ya que sin Él no hubiese sido posible realizar todo lo requerido para este trabajo de investigación. Agradecemos a todas aquellas personas que estuvieron junto a nosotros ayudándonos a terminar esta bonita etapa llena de muchas experiencias, las que sirvieron en gran manera y nos ayudaron a desarrollar nuestras capacidades como profesionales y sobre todo como seres humanos.

A nuestros padres, ya que para ellos la mejor herencia que nos pueden dejar es nuestra educación. Estamos eternamente agradecidos con ellos y se merecen el mejor de nuestro reconocimiento quienes con su dedicación, esfuerzo y amor nos encaminaron en esta carrera la cual está dando sus primeros frutos al terminarla.

Asimismo, agradecemos en gran manera a nuestros abuelos quienes se hacen sentir orgullosos de los logros que hemos obtenido y de lo grande que podemos llegar a ser en nuestra carrera.

Y por supuesto, agradecer a nuestros amigos por el apoyo que nos apoyaron a lo largo de este camino. Agradecer a las personas especiales que nos alentaron a seguir adelante pese a tener todo en nuestra contra. DIOS LOS BENDIGA.

***Los autores***

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de gráficos .....	viii
Índice de figuras .....	ix
Resumen .....	x
Abstract.....	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MÉTODO .....</b>	<b>21</b>
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	21
2.2. Variables, operacionalización. ....	21
2.2.1. Variables .....	21
2.2.2. Operacionalización. ....	22
2.3. Población, muestra y muestreo. ....	23
2.4. Técnicas de instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	24
2.5. Método de análisis de datos.....	25
2.6. Aspectos éticos.....	25
<b>III. RESULTADOS. ....</b>	<b>27</b>
<b>IV. DISCUSIÓN. ....</b>	<b>57</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>59</b>
<b>V. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>61</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>71</b>



## Índice de tablas

Tabla 1. Escala de Valores cuantitativos para AHP .....	13
Tabla 2. Matriz meta - criterio.....	14
Tabla 3. Matriz criterio - alternativa.....	14
Tabla 4. Matriz criterio - alternativa.....	15
Tabla 5. Mantenimiento correctivo (ventajas y desventajas) .....	21
Tabla 6. Generalidades de cantera "RB" .....	24
Tabla 7. Coordenadas UTM - concesión bomboncito.....	24
Tabla 8. Material extraído y comerciable en cantera RB .....	14
Tabla 9. Maquinaria de la cantera RB.....	18
Tabla 10. Riesgos que dificultan la producción en relación de la excavadora 329D <sub>2</sub> L .....	27
Tabla 11. Riesgos que dificultan la producción en relación de cargador frontal L90F .....	28
Tabla 12. Escala de evaluación.....	29
Tabla 13. Tiempos establecidos por la excavadora 329 D <sub>2</sub> L .....	30
Tabla 14. Número de pases - tiempos estimados por pasadas de la excavadora 329 D <sub>2</sub> L .....	31
Tabla 15. Otras demoras para la excavadora 329D <sub>2</sub> L.....	32
Tabla 16. Rendimiento de la excavadora 329 D <sub>2</sub> L .....	32
Tabla 17. Consumo de combustible, galones - horas trabajadas de la excavadora 329 D <sub>2</sub> L.....	33
Tabla 18. Tiempos desarrollados por el cargador L90F al momento de llevar el material a la zaranda .....	33
Tabla 19. Rendimiento del cargador frontal L90F. ....	34
Tabla 20. Consumo de combustible, galones - horas trabajadas del cargador frontal L90F.....	35
Tabla 21. Opciones de cargadores frontales.....	36
Tabla 22. Criterios de cargadores frontales. ....	36
Tabla 23. Indicadores de cargador 928 Hz .....	37
Tabla 24. Tiempos de elevación/descenso/descarga .....	37
Tabla 25. Indicadores de cargador 938H - 962H.....	38
Tabla 26. Indicadores de cargador 950 H.....	39
Tabla 27. Metodología AHP - criterio precio de alquiler de cargadores frontales. ....	40
Tabla 28. Metodología AHP - criterio de capacidad de cuchara para cargadores .....	41
Tabla 29. Metodología AHP - criterio capacidad de combustible para cargadores.....	42
Tabla 30. Metodología AHP - criterio tasa de producción para cargadores. ....	43
Tabla 31. Metodología AHP –Matriz de comparación por pares.....	44
Tabla 32. Ponderación final de las 4 opciones de cargadores.....	45
Tabla 33. opciones de excavadoras. ....	45
Tabla 34. Criterios de excavadoras .....	46
Tabla 35. Producción de excavadora E240B .....	47
Tabla 36. Producción de excavadora 345B L SERIE II. ....	48
Tabla 37. Producción de excavadora 330 C L .....	48
Tabla 38. Metodología AHP - criterio precio de alquiler para excavadoras. ....	50
Tabla 39. Metodología AHP - criterio precio capacidad de cuchara para excavadoras. ....	51
Tabla 40. Metodología AHP - criterio capacidad de combustible para excavadoras. ....	52
Tabla 41. Metodología AHP - criterio tasa de producción para excavadoras. ....	53
Tabla 42. Metodología AHP - matriz de comparación por pares.....	53
Tabla 43. Ponderación final de las 4 opciones de excavadoras .....	55
Tabla 44. Comparación entre cargador L90F y 950H.....	55
Tabla 45. Comparación entre excavadora 329DLI y 330CL .....	56

## Índice de gráficos

gráfico 1. Zona de producción .....	83
gráfico 2. Excavadora 329 D2L Ejecutando labor de explotación (Desbroce) .....	83
gráfico 3. Abastecimiento de material con peligros. ....	84
gráfico 4. zaranda principal. ....	84
gráfico 5. Proceso de selección de agregados .....	85
gráfico 6. Proceso de separación manual de agregados.....	85
gráfico 7. Apilado de material zarandeado.....	86
gráfico 8. Peligros recurrentes en el proceso. (carguío y acarreo). ....	86
gráfico 9. Volvo L90F En mantenimiento.....	87
Gráfico 10. Excavadora 329D2L en mantenimiento. ....	87
gráfico 11. Excavadora 329D2L en labores a desnivel. ....	88
gráfico 12. Equipos de carguío y acarreo mal estacionados. ....	88
gráfico 13. Vía de acceso improvisada. ....	89
gráfico 14. Volquete generando tiempos muerto al no ser abastecida.....	89
gráfico 15. Aceite extraído de maquinaria ubicado a la intemperie.....	90
gráfico 16. Utensilios de seguridad abandonados.....	90
gráfico 17. Frente de explotación abandonado.....	91
gráfico 18. Solar improvisado para descanso de trabajadores. ....	91
gráfico 19. Galones de combustible desechados en cualquier parte. ....	92
gráfico 20. Almacenamiento de combustible a la intemperie. ....	92
gráfico 21. autores de la elaboración de esta tesis. ....	93

## Índice de figuras

Figura 1. Jerarquía de metodología AHP. ....	11
Figura 2. Características de mantenimiento. ....	19
Figura 3. Mantenimiento preventivo (ventajas) .....	22
Figura 4. Sistema de explotación .....	16
Figura 5. Localización de la cantera RB – GEOCATMIN .....	80
Figura 6. Recorrido Chiclayo - Ferreñafe. ....	80
Figura 7. Ferreñafe - Manuel Antonio Mesones Muro .....	81
Figura 8. Manuel Antonio Mesones Muro – cantera RB .....	81
Figura 9. Topografía de la concesión. ....	82
Figura 10. curvas de nivel y redes de drenaje.....	82

## **Resumen**

La finalidad de esta investigación fue proponer la Metodología multicriterio AHP para el alquiler de maquinaria apropiada y optimizar la productividad en la cantera RB. La investigación surgió de la observación de problemas como: baja producción de agregados, falta de supervisión, tiempos muertos, etc. para dicha investigación se consideraron criterios característicos de la maquinaria en operación. Se usó el diseño de investigación cuantitativo de tipo transversal y transaccional ya que es una investigación observacional y descriptivo.

Asimismo, para el recojo de información se utilizó el método analítico, técnicas de campo como la observación directa junto a instrumentos como guías de observación para la maquinaria, guía de rendimiento para el cálculo de producción de los equipos, guías de análisis documental, la metodología multicriterio AHP, la cual abala, sustenta y da la seriedad respectiva.

Finalmente, usando la metodología AHP se puede conseguir una opción adecuada para la sustitución de maquinaria en cantera, considerando criterios que favorecen el incremento de la productividad Controlando los tiempos en el carguío/acarreo de material en el que se especificaron los ciclos, optimizando los diferentes procesos, concluyendo que: con la nueva propuesta AHP en relación a equipos de alquiler se incrementara el grado de productividad de la cantera.

**Palabras claves:** AHP, multicriterio, productividad, rendimiento de maquinaria y toma de decisiones.

## **Abstract**

The purpose of this research was to propose the AHP multi-criteria methodology for the rental of appropriate machinery and to optimize productivity in the RB quarry. The investigation arose from the observation of problems such as: low production of aggregates, lack of supervision, downtime, etc. For this investigation, characteristic criteria of the machinery in operation were considered. The cross-sectional and transactional quantitative research design was used since it is an observational and descriptive research.

Likewise, to collect information, the analytical method was used, field techniques such as direct observation together with instruments such as observation guides for machinery, performance guide for calculating equipment production, documentary analysis guides, methodology AHP multicriteria, which supports, supports and gives the respective seriousness.

Finally, using the AHP methodology, a suitable option can be achieved for the replacement of machinery in quarry, considering criteria that favor the increase of productivity Controlling the times in the loading / hauling of material in which the cycles were specified, optimizing the different processes, concluding that: with the new AHP proposal in relation to rental equipment, the level of productivity of the quarry will be increased.

**Keywords:** AHP, multi criteria, productivity, machinery performance and decision making.

## I. INTRODUCCIÓN.

En relación a la **Realidad Problemática** tenemos que la minería es una de las actividades de producción más significativas con respecto al desarrollo económico de un país, y Perú no es la excepción. Por su producción y potencial, la minería en nuestro país ocupa posiciones considerables tanto en Latinoamérica y por qué no decirlo en el mundo. Además, como los minerales o metales preciosos, en el sector minero de nuestro país, también existen minerales no metálicos cuyo uso provienen desde tiempos muy antiguos con el objetivo de contribuir al desarrollo de las diversas etapas de civilizaciones humanas. Pese a ello, existe un serio desconocimiento de la importancia de la minería no metálica en la sociedad.

De acuerdo a Rivera (2005) menciona que, para los minerales no metálicos, la importancia radica en las propiedades particulares que poseen cada uno, utilizados en diferentes fines. De tal manera tales productos son utilizados en el rubro de la construcción, en la producción de materiales, el sector químico, en la minería energética, en la agroindustria y medio ambiente.

Localmente; las canteras son la fuente principal de materiales pétreos los cuales se constituyen en uno de los insumos fundamentales en el sector de la construcción, tales como estructurales, vías, presas y embalses, entre otros.

En nuestro país se explotan agregados para la construcción tales como Piedra base, Piedra azul, Hormigón, Arena fina zarandeada, ripio corriente para base, etc. Desde tiempo remotos hasta la actualidad. La cantera de la empresa RB, Ferreñafe, Viene siendo una de las empresas reconocidas en el distrito de Manuel Antonio Mesones Muro. Al igual que muchas otras de la misma actividad. Una de las actividades que son de mucha importancia y fundamentales para que la empresa subsista y se mantenga en el rubro, es la de carguío y acarreo, la cual se ve afectada y no es desarrollada en óptimas condiciones por la irregular demanda de los materiales en mención.

Una de las causas en la minería no metálica, es que juega un papel importante en el desarrollo de un país. Esto indica que cada empresa debe de tener un serio compromiso con el estado de su respectiva nación, teniendo una solides financiera para sacar el proyecto adelante, Cornejo (2015). Una evidencia a esa causa se encuentra en la Cantera de la empresa RB– Ferreñafe (Chiclayo), la cual no cuentan con presupuesto para poder comprar maquinaria propia presupuestando solo el alquiler de la misma.

Por otro lado, en el ámbito nacional, Alvarado (2013) menciona que sea cual sea el tipo de transporte de material para procesamiento y acopio influyen los esfuerzos climáticos ya que en una vía en mal estado hará que los volquetes vayan a velocidades muy bajas aumentando el tiempo de transporte afectando la producción. En la actividad de carguío y acarreo de agregados se consideran muchos factores que determinan el mal desarrollo de dicha actividad. Pueden ser: poca capacitación de los trabajadores, mal estado de la maquinaria, la falta de control de la misma actividad, la inexistencia de un plan que determine un óptimo desarrollo, inclusive el mal estado de las vías de acceso a la cantera.

Una clara evidencia es lo que ocurre en la Cantera Turubamba (carretera Quinua – san Francisco tramo – Ayacucho) la condición hallada en la cantera se puede observar que la vía no se encuentra transitable y que se crea congestión vehicular por el mal flujo de volquetes.

El mal estado de las maquinarias es una de las causas que implica un gasto innecesario adicional al precio que se emplea para el alquiler de los equipos. Ya sea por fallas en el motor, en los frenos, en la dirección, en los neumáticos, etc. Ramírez (2007) planteó que la programación tiene que ver con la hora o el momento específico y el establecimiento de fases o etapas de los trabajos planeados junto con las órdenes para efectuar el trabajo, su monitoreo, control y el reporte de su avance.

Obteniendo como evidencia en Lagunas Norte iniciando sus operaciones de producción en el año 2005, desde esa fecha hasta la actualidad incrementó la flota de equipos. Se ha desarrollado estrategias, en la búsqueda de minimizar el costo por onza y maximizar la rentabilidad del negocio.

Finalmente, en investigaciones internacionales. Cada una de las labores que realizan los operarios no son controladas o monitoreadas ni mucho menos rigen una planificación secuencial en la actividad de carguío y acarreo de material de agregados, siendo evidencia de esto los tiempos muertos y colas de volquetes. Cada uno de los volquetes tiene que estacionarse en un punto descentralizado para ser abastecidos, esto producto de los nuevos frentes de labor que se crean conforme se avanza en la actividad. Además, el cargador que abastece los volquetes tiene en ocasiones, cumplir con dos actividades a la vez, tiene que dejar de zarandear el material agregado para abastecer a los volquetes.

Ramírez (2017) menciona que el operario debe utilizar una guía de mantenimiento, introducir innovaciones al mantenimiento de equipos, capacitación continua al personal y ponerles cuidado a los equipos y un monitoreo a los componentes. Cuya evidencia son los equipos pertenecientes a la empresa ICCGSA, la cual, inicialmente sufrían paradas imprevistas y prolongadas en sus operaciones, así como en los gastos que ocasionan los equipos en sus mantenimientos debido al mal estado en que se les encontraba. Teniendo como evidencia el desconocimiento o la falta de la capacitación por parte de los operarios de cada maquinaria a su cargo, frente a algunos de los problemas mencionados. La mayoría del personal desconoce las especificaciones técnicas que tiene la maquinaria (excavadora, cargador frontal, camiones, etc.) siendo utilizadas en condiciones poco beneficiosas agotando aceleradamente la vida útil de dichos equipos.

Las labores de dicha cantera en la mayoría de veces son llevadas a cabo sin realizar un plan para su óptimo desarrollo. La maquinaria suele ser acabada en



su mitad de vida útil por el mal estado en el que se encuentran sus vías de acceso. Los volquetes sufren un desgaste de neumáticos al momento de transitar en estas vías que se encuentran en condiciones inadecuadas y no se encuentran en buen estado.

Se tuvo presente frente a los antecedentes o **Trabajos Previos** que respaldan nuestra investigación al ámbito local, nacional e internacionalmente. Para el entorno **local**. No se cuenta con muchos antecedentes respecto al tema; sin embargo, a nivel **nacional** es decir de todo el Perú, nos encontramos con investigaciones útiles para este trabajo. Una de ellas es la investigación realizada en el distrito de Hualgayoc – Cajamarca por BUSTAMANTE CHÁVEZ, José en el año 2018 trabajo su investigación titulada “Optimización de la productividad de los equipos de carguío y acarreo en Gold Field – La Cima S.A. mediante la disminución de las demoras operativas más significativas” dando como objetivo optimizar la productividad de equipos de carguío y acarreo en las demoras más significativas en carguío y acarreo, concluyendo que las demoras significativas ocurren en el refrigerio – descanso y el cambio de turno que representa el 52.1 y 38.4% respectivamente de las demoras totales.

En segundo lugar; en Lima SÁNCHEZ MARQUIN, Roberto en el año 2018 trabajo su proyecto “Propuesta de planificación mediante un pronóstico dinámico para la optimización del proceso de abastecimiento de agregados en una empresa concretera” dando como objetivo una planificación para el abastecimiento de agregados , utilizando pronósticos dinámicos para toda la planta de la ciudad de Lima , obteniendo como resultado una mejora de abastecimiento de agregados y reduciendo costos , brindando mayor información , tanto en cobertura de stock en día de producción y prioridad abastecimiento , facilitando cambios en la distribución de estos , conociendo el impacto operático tanto en capacidad como en lo económico de costo de materia prima.

Adicionalmente, en la misma ciudad GAMBINI LOPEZ, Inés en el año 2017 trabajo su proyecto titulado “aplicación del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) en la selección de un marco de referencia para gestionar los proyectos de una empresa consultora” en el que planteo como objetivo elegir el marco de referencia adecuado para gestionar los proyectos de la empresa consultora utilizando una guía específica para la gestión del proyecto, en el que concluye que gracias al análisis jerárquico pudo aplicar el indicado marco de referencia para la organización de la empresa consultora.

En tercer lugar, podemos tener como referencia el trabajo de CORNEJO BELTRAN, Jorge en el distrito de Uchumayo – Arequipa en el año 2015 Titulado “Optimización en la producción de agregados de construcción – unidad minera no metálica Jesús de Nazaret”. En la que indico como objetivo Evaluar la factibilidad técnica, financiera y ambiental de la explotación, materiales pétreos, dando como resultados positivos, reduciendo costos de operación por lo que la cantera no se utilizan explosivos

Además, como antecedentes nacionales, en la ciudad de Arequipa JOSEC TURPO, Edwin en el año 2015 llevó a cabo su proyecto "Mejoramiento de la productividad en operaciones de movimiento de materiales mediante la técnica del árbol de decisiones y factor de acoplamiento proyecto Inmaculada" en el que planteo como objetivo obtener un control y mejoramiento de productividad en tiempos por ciclo de operaciones, tanto así sea utilizado en otros proyectos. En conclusión, con los análisis del método se obtuvo la productividad de equipos de carguío en función del tiempo, cuya operación es carguío, maniobra de carga, descarga, maniobra de carguío.

Por otro lado en Puno, RIVERA SALAS, Ricardo quien en 2018 título su proyecto como “Mejoramiento de la flota de carguío y acarreo en operaciones mina, para el incremento de la producción, sociedad minera Cerro Verde S.A.A.” en la que tiene como objetivo desarrollar una metodología de centro de operaciones y

costos de equipos en acción , carguío y acarreo , teniendo como resultado propuestas que mejoran el abastecimiento de agregados , reduciendo costos , brindando mayor información y permitiendo hallar las capacidades operativas y costos económicos.

Del mismo modo en 2017, en la misma ciudad CONDORI CATACORA, Roy tituló la investigación “Optimización de la operación unitaria de transporte con la aplicación de estándares de diseño de vías en la unidad minera Cori huarmi, 2016”, cuyo objetivo fue determinar cómo influye la adaptación estándar de diseño de vías para la optimización de operaciones unitarias de transporte , teniendo como resultado logrando reducir ciclos de transporte de minerales en tiempos cortos tanto así en transporte de desmonte en menores tiempos.

Por otra parte, en el entorno **internacional** está el estudio elaborado en la ciudad de Santiago, en el país vecino Chile. En el 2018 ORELLANA JARA, Ignacio realizó una investigación titulada “Modelo integrado de simulación y optimización para planes mineros de mediano plazo en minería a cielo abierto” cuyo objetivo fue plantear un modelo que incorpore la simulación y la optimización , con el fin de ejecutar una extracción de material que maximice la producción, obteniendo como resultados en el modelo una mayor productividad respecto a las estrategias de despacho que muestran saturación de palas (con un alcance de 6.6% de producción . tanto así cumpliendo restricciones de movimiento de materiales en los diferentes frentes de descarga.

De igual modo, en Santiago De Chile, URRUTIA GOLDSACK, Diego presentó en el 2017 una investigación titula “Optimización en la asignación de estacionamientos de los camiones de extracción para el cambio de turno mediante la utilización de redes neuronales y árboles de decisión” tomando como objetivo disminuir tiempos en variación con las demoras existentes en la minería a tajo abierto , mediante herramientas de gestión , dado como resultado el uso de redes neuronales originando un valor agregado realizado en grupos de

ocupación , identificando variables tanto en productividad o el uso dentro en operación minera.

Otra investigación internacional fue realizada en Ecuador, por FONSECA LOYA, Nixon quien en el 2017 realizó una investigación titulada “Optimización del proceso de minado y clasificación del material de construcción en el área minera Tanlahua” planteo como objetivo optimizar procesos de minado y clasificación del material, de esta manera se concluyó que el método SIMPLEX permite optimizar, maximizar o minimizar variables que influyen el estudio buscado.

Igualmente en Ecuador, el trabajo realizado por GUZMÁN GARCIA, Viterbo e Hidalgo Bastida, Esteban quienes en el 2016 presentaron “Gestión de costos en explotación minera subterránea de la mina La Maná” teniendo como objetivo realizar la gestión financiera de actividades mineras que se enfoca a proyectos inmersos en régimen de pequeña minería , para puntualizar el costo de cada actividad en función o proceso e identificando con mayor facilidad elementos para la optimación técnica y económica , como resultado se pudo determinar los elementos y actividades que ejercen mayores costos en la productividad , lo que llevo a permitir reducción de ineficiencias puntualmente en dichas actividades. Para esta investigación sabemos que existen **Teorías Relacionadas al tema** que profundizan la investigación dividiéndolas en variables, tales como:

Variable independiente (V.I.). **Gestión Multicriterio**, y como variable dependiente (V.D.) **Optimización de la Productividad**.

Dentro de V.I. tenemos: **Gestión Multicriterio (toma de decisiones, AHP)**.

Para ello la gestión multicriterio se identifica como el análisis de distintas decisiones o criterios para la solución de problemas considerando dos o más opciones.

De acuerdo a Delgado (2011) dice que:

La toma de decisiones es un método progresivo en el que se seleccionan algunas opciones con el fin de lograr el objetivo de solucionar inconvenientes. La toma de decisiones considera la elección de una serie de posibilidades disponibles con el fin de lograr determinar la decisión que se utilizara frente a una meta específica. Se debe considerar lo siguiente el valor que adquiere cada individuo y el posible resultado (p.3).

En el procedimiento existe un cierto peligro (riesgo) e incertidumbre, en el caso del peligro, el sujeto que toma la decisión considera la posible ocurrencia de alguna consecuencia de cada opción disponible y en la incertidumbre el sujeto que toma decisiones no tiene conocimiento probable de ocurrencia de los probables resultados de las opciones que estén a la mano.

El decisor debe ser un sujeto que tenga un cierto grado de interés en el problema que se ha originado o planteado, pero sobre todo debe de tener el conocimiento y la formación adecuada para que mediante sus críticas y juicios pueda llevar el desarrollo del proceso con el fin de justificar la decisión que se tomará.

Además, Patiño (2008) dice que:

Un proceso de toma decisiones tiene a manera global, los siguientes pasos:

- 1) análisis de la situación, 2) identificación y formulación del problema,
- 3) identificación de aspectos relevantes que permitan evaluar las posibles soluciones, 4) identificación de las posibles soluciones, (5) aplicación de un modelo de decisión para obtener un resultado global,
- 6) realización de un análisis de sensibilidad (p. 8).

Para un solo decisor, la opinión que brinde puede ser deficiente cuando se evalúan conflictos más complicados, en específico, los que perjudican a los que se benefician

directa o indirectamente al proyecto o zona de evaluación, esto hace que sea más probable cometer errores. Finalmente nos favorece analizar el punto de vista de más de una persona especialista.

En cuanto a la **Toma de Decisiones en Grupos.**

Saaty (2008) dice que “existen dos importantes ideas sobre la toma de decisiones: 1) como aportar juicios personales de un grupo en un solo juicio que represente todo el grupo, y 2) como lo lograr una opción de grupo de las decisiones individuales” (p. 14). Los juicios tienen que estar entrelazados para que los juicios sintetizados sean relacionados o iguales a la síntesis inversa de los juicios. El método demuestra que la media geométrica es la manera de hacer este análisis

Cabe resaltar que si los individuos en su experiencia, no permiten que sus juicios sean combinados, en tal punto se usa la media geométrica de lo que se obtenga al final, si los que toman decisiones tienen conceptos distintos, dichos juicios se potencian con sus prioridades formando de esta manera la media geométrica.

Sin embargo, Goepel (2013) dice que:

Es necesario el análisis de razones y conceptos individualmente, y hallar una medida de aprobación (consenso). Esto es de utilidad para el razonamiento de grupo en el que se usará la medida de la duda de Shannon, la variedad de Alfa y Beta, finalmente se hallará un indicador nuevo la que estudiará el reparto de criterios principales entre los distintos decisores (p. 11).

Para el **Análisis Multicriterio.**

Se tiene el aporte de Villegas (2009) en el que define:

El análisis multicriterio como un método que ayuda a orientar la toma de decisiones en diversos ítems que tienen algún objeto en común, en las que los que deciden incluyen ya sea en contextos prospectivos o

retrospectivos. Todas las opiniones relacionadas al proyecto para arrojar un juicio (p. 7).

El análisis multicriterio toma en cuenta la colaboración de distintos sujetos (decisores, técnicos, beneficiarios) y apunta a conseguir indicadores aplicables y recomendables. Con el propósito de llegar a soluciones a través de la reducción del problema, considerando en todo tiempo los criterios de los autores.

Otra de las teorías relacionadas a la variable independiente es la metodología multicriterio, es decir. **AHP – Analytic Hierarchy Process. (Metodología del Proceso Analítico Jerárquico).**

En otro aporte de Delgado (2011) afirma que “el fin del método AHP, es tolerar que el decisor puede organizar un conflicto multicriterio visualmente, a través de un esquema de jerarquías que lleva 3 niveles: 1) meta u objetivos, 2) criterios, 3) alternativas” (p.7) En la jerarquía de este modelo, se procede a comparar elementos, (criterios y alternativas), construyendo esquemas comparativos en pares, con valores presentados en escalas numéricas señaladas por las personas.

La fundamentación del proceso se basa en la asignación de valores en números a los juicios otorgados por las personas, con el fin de añadir a cada parte del esquema un valor dependiendo de la sección inmediata principal del que se encuentre o proviene. Finalmente se realiza una síntesis del modelo jerárquico a través de inclusión de esos juicios temporales.

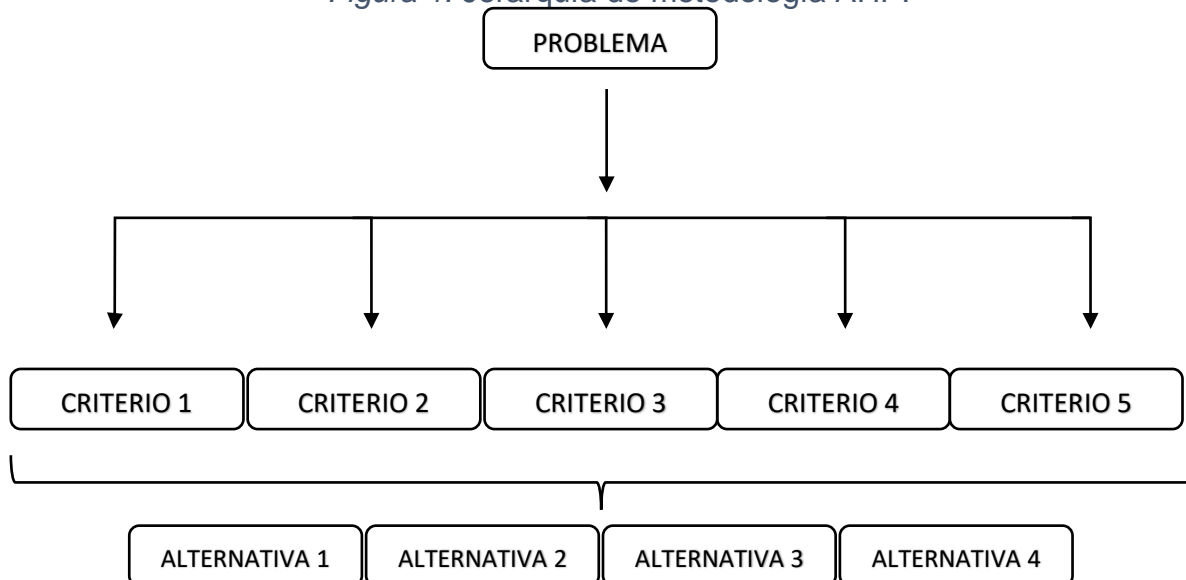
Según Patiño (2008) se deben identificar seguir una serie de pasos para estructurar el esquema:

- ✓ Problema: Es lo que se pretende solucionar a través de la selección de una alternativa al entrar en comparación con algunas diferentes sobre el análisis de los criterios que faciliten percibir los beneficios y dificultades (pros y contras) minuciosamente de las o la alternativa que se considerará.

- ✓ Definición del objetivo general: La identificación del problema servirá para mejorar la situación planeada, conformada por el grupo de componentes llamados criterios o sub objetivos, sub criterios y alternativas para la obtención de la solución del propósito.
- ✓ De Criterios: Son las particularidades fundamentales que perjudican en gran manera a los objetivos en las que se expresan las preferencias en la toma de decisiones. Cabe resaltar que no es inconveniente si se muestran aspectos contables o incontables.
- ✓ De Alternativas: Son soluciones posibles ayudaran al logro de la meta principal. En el momento en el que se realiza el esquema, este puede realizarse de arriba hacia abajo o viceversa, esperando obtener la alternativa con mayor probabilidad, esa será la que se tomará en cuenta (p. 8).

Loaiza (2015) dice que: “un criterio tiene que tener un sustento justificable. Los criterios también se pueden dividir en partes como en sub criterios y estos también pueden llegar a hacerlo” (p. 8).

*Figura 1. Jerarquía de metodología AHP.*



Fuente: Elaboración propia.



En síntesis, cada opción debe ir acompañada con uno más criterios que aporten a la solución del problema. En lo que al final de la aplicación de la metodología AHP se evidencia la posible solución frente al problema planteado inicialmente.

Al final decimos que en el método AHP se presentan términos cuantitativos y cualitativos en el proceso de decisión, en el que se adoptan valores individuales y lógica en pensamientos para la elaboración de la jerarquía analítica. Aquí convertimos el proceso explícitamente. Para promover ciertos criterios y emplear una toma de decisiones bajo alternativas de multicriterio.

**Tabla 1.** *Escala de Valores cuantitativos para AHP*

ESCALA DE VALORES CUANTITATIVOS		
VALOR CUANTITATIVO	DEFINICIÓN	EXPLICACIÓN
1	Igual	Ambos son iguales
3	Moderada	A es moderadamente mejor que B
5	Fuerte	A es fuertemente aceptable que B
7	Muy Fuerte	A es muy fuerte sobre B
9	Extrema	A es en extremo más aceptable que B
2,4,6,8	Para transar entre los valores anteriores	Similitud entre los valores
<b>Correlativo</b>	Si a la situación se le añade distintos números pares diferente a 0 cuando son comparados en una misma situación. La situación adopta correlativamente al distinguir usando: $i(a_{ij} = 1/a_{ji})$	Planteamiento del sistema

Fuente: Saaty y Vargas (2008).

Ya para las **Propiedades de criterio (matriz)**, para la elaboración de la metodología AHP. Además, Loaiza nos menciona que se debe tener en cuenta que:

“las propiedades de cada criterio frente al objetivo o meta general son ubicados en la columna vector llamado vector de prioridades de los criterios el que se elabora de las matrices comparadas en pares” (p. 8).

**Tabla 2. Matriz meta - criterio.**

	<b>Meta global</b>
<b>Criterio 1</b>	$P_1$
<b>Criterio 2</b>	$P_2$
$\vdots$	$\vdots$
<b>Criterio m</b>	$P_m$

Fuente: Saaty y Vargas (2008)

$m$  = número de criterios.

Para  $P_j$ = prioridad del criterio.

$i$  = referente a la meta global.

En una matriz de prioridades se reúnen caracteres para las alternativas en pares con los criterios. Para  $m$  criterios,  $n$  alternativa. Tenemos:

**Tabla 3. Matriz criterio - alternativa.**

	<b>Criterio 1</b>	<b>Criterio 2</b>	<b>...</b>	<b>Criterio m</b>
<b>Alternativa 1</b>	$P_{11}$	$P_{12}$	$\dots$	$P_{1m}$
<b>Alternativa 2</b>	$P_{21}$	$P_{22}$	$\dots$	$P_{2m}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
<b>Alternativa m</b>	$P_{n1}$	$P_{n2}$	$\dots$	$P_{nm}$

Fuente: Saaty y Vargas (2008)

$P_{ij}$ , prioridad de las alternativas

$i$ , con respecto al criterio  $j$

$i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, m$

Lo primordial del objetivo para las alternativas es un vector columna que resulta de hacer una multiplicación entre el esquema de prioridades con la de vector de prioridades de los criterios.

**Tabla 4. Matriz criterio - alternativa**

$P_{11}$	$P_{12}$	...	$P_{1m}$	$P_1$	=	$Pg_1$
$P_{21}$	$P_{22}$	...	$P_{2m}$	$P_2$		$Pg_{2m}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$
$P_{n1}$	$P_{n2}$	...	$P_{nm}$	$P_m$		$Pg_k$

Fuente: Saaty y Vargas (2008).

$P_{gk}$  es la prioridad global (respecto al objetivo principal o meta global)

Para  $i$  como alternativa  $i = 1, 2, \dots, n$ )

Para Gonzales y Ordoñez (2011) mencionan que:

Para realizar o tomar una decisión lo más ventajosa posible, debe existir una consistencia sumamente optima de las alternativas o preferencias pareadas hechas por el grupo conformado por el decisor. En cambio, la consistencia en ningún caso es perfecta ya que es muy difícil de precisar. Motivo por el cual suele existir un nivel de inseguridad en diferentes matrices de comparación en pares (p. 11).

Para un esquema cuadrado de comparación pareada A muestra su consistencia si:

$$a_{ji} \cdot a_{ij} = 1 \quad i, j = 1.2\dots, n$$

Es decir, se necesitan que las columnas de A (con todos los renglones) estén linealmente dependientes. Particularmente, las columnas de una matriz de comparación en pares 2x2 serán dependiente en forma lineal, en efecto. Un esquema de 2x2 va a ser sólido. Además, un sistema de matriz es inconsistente si no se le encuentra ninguna solución.

El método AHP apoya su validez en los axiomas que dan como referencia a una serie de caracteres:

- ✓ Axioma 1. Situaciones de debate recíprocos. Si A es una modelo de comparaciones en par se cumple que:  $a_{ji} = 1/a_{ij}$
- ✓ Axioma 2. Situaciones de equidad en las partes, las artes que se cotejan son del mismo nivel jerárquico.
- ✓ Axioma 3. Situaciones de independencia. Cuando se expresan preferencias, se asume que los criterios son independientes de las propiedades de las alternativas.
- ✓ Axioma 4. Situaciones de expectativas de nivel o rango. Debe mostrar términos de criterios y alternativas.

Dentro de V.D. tenemos: **Optimización de la productividad.**

Según Estrada (2011) afirma que “La gestión de producción es competitiva ya que es un conjunto de herramientas que en un mal uso disminuyen los niveles de productividad, debido a responsabilidades y tareas que deben realizarse en conjunto como meta principal de la empresa” (p. 6).

### **Producción.**

Además, Estrada (2011) afirma que producción “Es toda aquella secuencia o proceso por el que se empiezan a elaborar servicios económicamente rentables. Además; es toda labor que por medio de la organización ofrece un producto que cubre necesidades humanas” (p. 7).

### **Costos.**

De acuerdo a Marcano (2016) resume que “los costos en la etapa de producción son todos los gastos que se emplean para sostener alguna actividad que genera ingresos, el gasto que genera el mantenimiento de maquinaria o algún equipo en procesamiento” (p.1). Las empresas buscan reducir costos mínimos, estos costos son generados en el personal de producción, los intereses, arriendos, alquileres de máquinas y entre otros.

Para tener una ganancia en la empresa dependerá de los costos de producción e ingresos. Que ayudara a establecer la producción a un nivel fundamental. Tomando como advertencia a las empresas que no saben asimilar costos de fabricación productiva, generando una mala planificación de la producción. Al dividir los costos de producción en salario y jornales, alquileres, bienes de capital, costo en materia prima, intereses de operación, los seguros y entre otros. Estos costos se familiarizan en costos fijos y costos de variables.

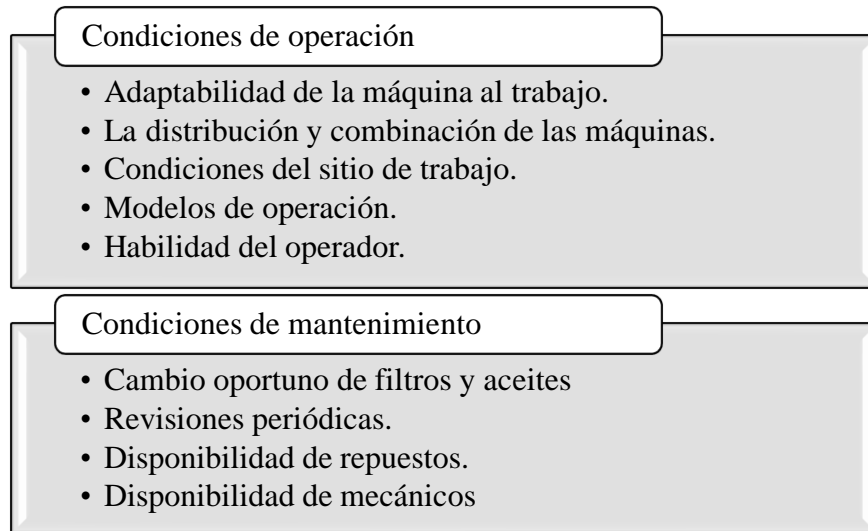
Dentro de los costos de la producción tenemos costo fijo y costos variables. **El costo fijo**, basa en cancelar independientemente los niveles de operación para comenzar las operaciones que se ejecutan durante cortos y mediano plazo, en todo tipo de niveles de productividad, manteniéndose al alcance productivo inicial, un ejemplo relevante en costos de salario ejecutivo, alquiler, desvalorización de máquinas. Dando a conocer que los costos aumenten, siempre y cuando la empresa decida aumentar su capacidad productiva. Sin embargo, **El Costo Variable**, conocido como nivel de unidad producida, los costos variables varían el volumen de producción. Las variables significativas en costos: son materia prima y mano de obra por necesidad de producción, como ejemplo si necesitas una alta producción, se tendrá que contratar más personal en mano de obra, aumentando el ámbito de sueldo a nivel operacional.

### **Transporte.**

Llamamos transporte a todo proceso que tiene como fin transportar y comunicar material de un punto a otro. Para ello se utilizan diferentes medios de transporte como volquetes, cargadores, excavadoras. En efecto se utiliza cualquier móvil que pueda transitar por determinadas vías acceso o comunicación ya sean carreteras, vías férreas etc. Para el cálculo de la productividad de maquinaria se consideran la velocidad, eficiencia estudio del ciclo, etc.

- Velocidad: Para Malpica (2014) en “el transporte ya sea cargadores, volquetes, la velocidad que pone en desplazamiento la maquinaria también depende el estado del camino, las llantas del equipo esta designada a trasladarse en buenas vías diseñadas” (p.19).

- Eficiencia: Es la relación que existe entre los recursos empleados en un proyecto con respecto a las cantidades teóricas. La eficiencia es importante en toda empresa, obteniendo un rendimiento mínimo en costo, dependerá de las limitaciones de operación y mantenimiento de cada máquina así:



- Estudio del ciclo: La maquinaria de transporte en tiempo de ciclo se clasifica principalmente en dos categorías importantes: tiempo fijo ( $T_f$ ) es aquel tiempo que tiene como objetivo la carga y descarga con maniobra necesaria, este tipo de ciclo es visto constantemente en toda longitud en el área de acarreo y retorno. Y el tiempo variable ( $T_v$ ) Es el tiempo de viaje el cual viene a ser la sumatoria de duración de las actividades en la porción de acarreo y el retorno.

-

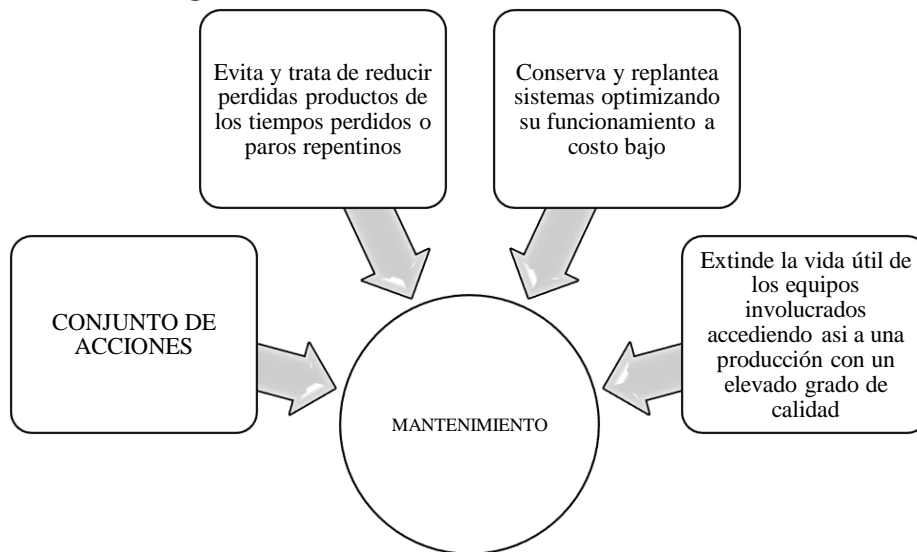
### **Mantenimiento.**

Según Maldonado, (2012) El mantenimiento requiere una serie de actividades tales como:

- Optimizar la producción del conjunto de maquinarias.
- Reducir costos por averías
- Disminuir gastos por reposición de Maquinaria pesada
- Maximizar la vida útil de la MP

El procedimiento de mantenimiento garantiza evitar fallas, una maquina al tener una falla, pero no malograda, puede realizar las operaciones en el área de productividad, pero con menor potencia que una maquina en óptimas condiciones. Si estuviese una maquina malograda o falla no realizara las actividades con mayor facilidad. La gestión implica costos y el manteniendo no se debe exigir, lo mejor sería estar acorde con el MP, un ejemplo es el costo que implica el cambio de máquina nueva. Teniendo como factores de costo; presupuesto costos de materiales, mano de obra, combustible, energía, perdidas por la no producción y piezas nuevas. Es inevitables toda máquina, equipo o instrumento llegara un momento que se deteriorara con el tiempo (p. 1)

*Figura 2. Características de mantenimiento.*



Fuente: elaboración propia.

### **Objetivos del mantenimiento:**

Según Pastor (2015) dice que el objetivo de mantenimiento toma como principio garantizar la productividad necesaria en la reparación urgentemente las averías que se encuentren y minimizar costos (p. 2).



- Cumpliendo al máximo en producir con la disponibilidad de equipos
- Reduciendo fallas para tener menores costes que generan las actividades de mantenimiento.
- Cumplir mayor calidad productiva teniendo en perfectas condiciones los equipos que realizan su actividad.
- La importancia de controlar la energía en el funcionamiento de los sistemas y elemento de máquinas.
- Cuidado del medio ambiente, al realizar el mantenimiento de equipos.
- El sistema de protección debe actuar correctamente para así tener un buen estado de los equipos y el personal de trabajo.

### **Tipos de mantenimiento:**

Estrada (2012) nos dice que Hay cuatro tipos de operación de mantenimiento los que se realizan y se toman como función los recursos, dentro de los tipos tenemos:

- **M. correctivo.** El mantenimiento correctivo actúa cuando se tiene un error en los sistemas de control. Si no hay fallas el mantenimiento se anulará, esperando algún desperfecto en la máquina para así tomar la medida de corrección de errores. El mantenimiento trae consecuencias tales como:

Paros imprevistos en la productividad, disminuyendo horas de operación. Afectando cadenas productivas, que se refiere a los ciclos productivos, ya que se verá obligada a la pausa de corrección de la etapa anterior

Como ejemplo las fallas imprevistas en una excavadora en operación de material suelto, podría regular las paradas a un cargador frontal y los volquetes habilitados de la alimentación de material. Como ventajas y desventajas son:

**Tabla 5. Mantenimiento correctivo (ventajas y desventajas)**

<b>VENTAJAS</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Es innecesaria una infraestructura técnica ni un gran coeficiente analítico</li><li>• se utiliza el máximo aprovechamiento de los sistemas es decir su vida útil</li></ul>
<b>DESVENTAJAS</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• La producción es afectada debido a las averías imprevistas</li><li>• Existe un grado de falla respecto a los utensilios que no se adquieren a tiempo</li><li>• Se presenta una deficiencia en cuanto a la calidad del mantenimiento producto del limitado tiempo disponible para su reparación</li></ul>

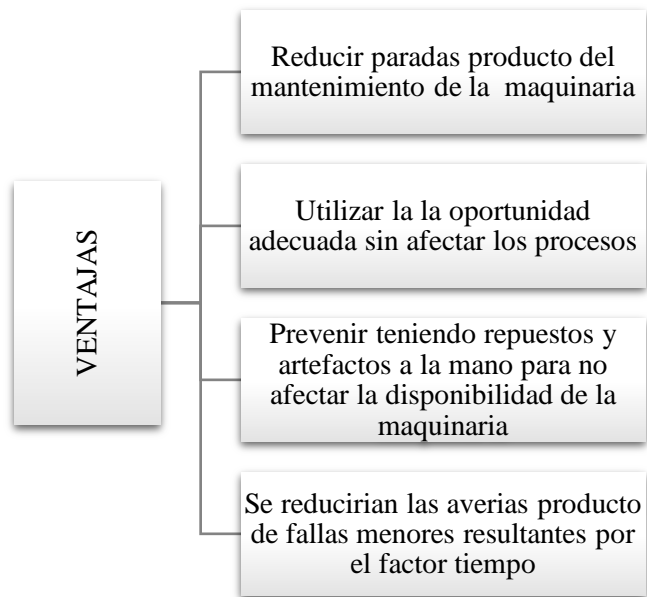
Fuente: elaboración propia.

- **M. preventivo.** También llamado mantenimiento planificado, entiende toda acción sobre revisiones, modificaciones y mejoras evitando averías y causas de producción.

Funciona a razón de la experiencia y pericia del personal que está encargado, los que determinan el procedimiento. El mantenimiento preventivo tiene las siguientes características:

- Se realiza en tiempos que no está en actividad la máquina para así no entorpecer los ciclos productivos
- Se utiliza un programa que está elaborada para el procedimiento y actividades a realizar, con el objetivo de tener herramientas y repuestos a la mano
- Se programa una fecha, con el tiempo de inicio y terminación que se aprueba por el jefe encargado.
- También se realiza mantenimiento a toda la maquinaria en el caso de una paralización de obra.
- La empresa permite tener un historial de toda la maquinaria pesada, brindando una actualización de información técnica de la maquinaria pesada.
- Cuenta con presupuestos que es aprobada por la gerencia.

Figura 3. Mantenimiento preventivo (ventajas)



Fuente: elaboración propia.

- **M. Predictivo:** El mantenimiento predictivo determina si es una variable física que pueda tener desgaste mecánico y eléctrico, mientras es examinada en pleno funcionamiento, se programa un sistema de medición de todos los parámetros que se encuentran en posible falla de la MP. Teniendo como efecto la definición y gestión de pre alarma y todo parámetro en medir y gestionar. Se aplican algoritmos matemáticos que se agregan a los diagnósticos de operaciones, llegando a recolectar información concerniente de la maquinaria pesada. Lo más importante es que llega a disminuir las actividades que realizan los equipos por mantenimiento preventivo, logrando minimizar costos por mantenimiento y no por producción.
- **M. productivo total.** TPM (Total Productive Maintenance) es un sistema que se aplica a los integrantes de mantenimiento preventivo y predictivo, dando como resultado maximizar la función que cumple la MP.

El TPM, es definida como mantenimiento bajo en la mejora continua que se realizó en Japón por Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM), dando valor a los procesos de productividad iniciando del mantenimiento y la gestión de cada equipo.

El TPM toma en cuenta los conceptos referidos con el (MBT) mantenimiento basado en el tiempo y (MBC) el mantenimiento basado en las condiciones, que comienza desde mantenimiento preventivo y predictivo respectivamente.

El MBT especifica las actividades de mantenimiento del equipo de manera periódica.

Tanto así el MBC controla los equipos y partes, con el fin de desarrollar una operación correcta.

El TPM se encarga de motivar a los operadores de maquinaria mediante la conducción que se le asignan.

Poniendo en práctica los tipos de mantenimiento, se crea un plan de operación. Para que por medio de este plan se puedan focalizar y puedan ser aplicados por el personal involucrado, de tal manera que puedan regir con su función de trabajo. Los mantenimientos son orientados por cada empresa que son:

- Reducir tiempos muertos de la maquinaria pesada
- El rendimiento de la maquinaria pesada tiene que ser estable en los ciclos de productividad
- Evitando el mal funcionamiento de maquinaria pesada
- Cumplir con una buena gestión de repuestos
- El operador debe tener conocimientos previos para el mantenimiento de equipo

A continuación se detallan las generalidades del lugar en el que se realizó el presente trabajo de investigación.

## El desarrollo de estudio en cantera RB.

**Tabla 6.** Generalidades de cantera "RB"

<b>Nombre de la cantera:</b> <b>"RB"</b>	<b>Razón social: INVERSIONES Y SERVICIOS "RB"</b>	
<b>RUC N°: 10410544534</b>	Dirección: Av. Real Mz. X Lt. 3	
<b>Departamento:</b> <b>Lambayeque</b>	Provincia: Ferreñafe	Distrito: Mesones Muro
<b>Gerente: Ing. Víctor R. Benavides Salazar</b>	Teléfono: 947840031/927665231	E-mail: victor021181@hotmail.com

Fuente: elaboración propia.

La inscripción del derecho minero de la cantera "RB" se encuentra identificada en el REGISTRO INTEGRAL DE FORMALIZACIÓN MINERA - REINFO con código único N° 010164807, perteneciente a la concesión BOMBONCITO. Ubicada en el departamento de Lambayeque, provincia de Ferreñafe, en el distrito de Manuel Antonio Mesones Muro.

### Ubicación:

En el distrito de Manuel Antonio Mesones Muro existen probablemente 15 canteras que se dedican a la explotación de agregados para la construcción, de los cuales algunas están dentro de la concesión BOMBONCITO como la cantera "RB", en la que llevamos a cabo este proyecto.

**Ver anexo 30.**

**Tabla 7.** Coordenadas UTM - concesión bomboncito.

VERTICE	NORTE	ESTE
<b>1</b>	9,268,000.00	645,000.00
<b>2</b>	9,267,000.00	645,000.00
<b>3</b>	9,267,000.00	643,000.00
<b>4</b>	9,268,000.00	643,000.00

Fuente: resumen de derecho – INGEMMET

Para la localización de la cantera a través del portal GEOCATMIN fue por medio del código único 010164807 en el buscador del portal. Allí se puede mostrar los vértices. Del cuadrante de las 200 hectáreas que conformar la concesión.

### **Accesibilidad.**

Para llegar a la cantera de la ciudad de Chiclayo se debe pasar el distrito de Picsi hasta la provincia de Ferreñafe. El recorrido es de 18.2 kilómetros en un promedio de 25 a 30 minutos. **Ver anexo 31.**

Luego de llegar a la provincia de Ferreñafe nos debemos dirigir hacia el distrito de Antonio Mesones Muro a unos 6,3 kilómetros estimando un tiempo de 11 minutos.

### **Ver anexo 32.**

Ya en Mesones Muro. A las alturas del río TAYMI se encuentra una caseta centralizada perteneciente a la comunidad Santa Lucía. Desde allí se debe enrumbar en los camiones que pasan en dirección de la ruta Batangrande para llegar a la cantera “RB”. En un tiempo de 12 minutos a una distancia de 4.1 kilómetros. **Ver anexo 33.**

### **Demanda de producción de la cantera RB.**

Para poder producir material todo rubro debe tener un mercado en el que se mantenga debido a su demanda. En este caso el 90% de la producción de la cantera RB se venden con mayor demanda en Chiclayo para la construcción de vías, edificaciones, pero principalmente para la instalación de gas natural.

La producción de la cantera RB consiste en la extracción de material fluvial. Del cual debido a precipitaciones y al tipo de estratificación se obtiene la piedra base, piedra over, afirmado, ripio, etc. Dicha actividad la realiza una excavadora mediante el corte o desbroce (**ver anexo 8**) para que luego un cargador frontal apile el material de acuerdo al tipo de material que se extraiga para posteriormente se venda directamente a diversas empresas que requieren de estos materiales.

**Tabla 8.** *Material extraído y comerciable en cantera RB*

<b>MATERIAL</b>	<b>PRECIO/M3</b>
<b>Afirmado base</b>	S/. 10.00
<b>Afirmado sub base</b>	S/. 6.00
<b>Hormigón zarandeado</b>	S/. 8.00
<b>Piedra base</b>	S/. 11.00
<b>Cascote over</b>	S/. 10.00
<b>Arena</b>	S/. 11.80
<b>Ripio</b>	S/. 22.00
<b>Piedra chancada</b>	S/. 34.00
<b>Caolín</b>	S/. 10.00

Fuente: elaboración propia.

### **Método y sistema de explotación**

El **método** utilizado para la extracción de agregados se determina a través de las características que posee el material a explotar, considerando que existen dos métodos conocidos para la explotación tales como el método de explotación superficial o a cielo abierto y el método de explotación subterráneo.

El método a cielo abierto es económicamente rentable, cuando se observa que los yacimientos afloran en superficie con un pequeño recubrimiento (arena o grava). Se obtienen materiales como áridos, rocas industriales y rocas ornamentales que muchas

veces no se requiere que un proceso de concentración, tan solo clasificación por tamaños a través de zarandas.

En cantera “RB” el método de extracción para la explotación de los recursos no metálicos (agregados) es a cielo abierto. Para poder realizar el aprovechamiento de material, se realiza el método de extracción de desbroce permitiendo así eliminar 0.20 m de material orgánico, realizando la limpieza del terreno.

El **sistema** de explotación para la extracción de material en la cantera “RB” son las operaciones unitarias de carguío y acarreo

- **Carguío.** Operación encargada de la carga de agregados en el área de producción ya sea para abastecer a los volquetes.
- **Acarreo.** tiene como finalidad transportar el material desde el punto de extracción hacia los diferentes puntos del área de producción ya sea a la zaranda o al punto de apilado de material.

Por lo general el corte directo o desbroce se encarga de fragmentar el material de forma mecánica o indirecta a un tamaño para la manipulación de las fases posteriores. En lo que respecta al carguío consiste en el recojo de material para luego depositarlo en este caso en los camiones volvos que transportan el material hacia su destino final.

### **Equipos de carguío y acarreo.**

La cantera “RB” cuenta con un cargador L90F propio de la empresa. Además, para sus labores cuenta también con maquinaria alquilada. Es decir. Alquilan una excavadora 329D<sub>2</sub>L y un cargador frontal 962 H.

El sistema de extracción de la cantera contiene un déficit debido a que no cuentan con equipos necesarios para sus operaciones ya que el cargador frontal L90F no se encuentra en óptimas condiciones de desempeño. Es decir, tiene constantes paros por mantenimiento, generando gastos y mucho tiempo desperdiciado para el mismo.



*Figura 4. Sistema de explotación*



### **Criterios de selección.**

Para el proceso de selección de los diferentes equipos que se utilizaran en la cantera RB, se consideran un conjunto de criterios relacionados a la producción diaria para que se puedan suplir las necesidades para una óptima productividad, ya que con los equipos que cuenta la cantera no son bastos para realizar un excelente trabajo. Algunos de los indicadores de desempeño (KPI) que se tienen en cuenta en el área de carguío y acarreo son:

- Galones de consumo por equipo/horas trabajadas (Gal/Hr)
- Metros cúbicos/horas de carguío ( $\text{m}^3/\text{Hr}$ )
- Producción por hora/Horas de carguío (produc/Hr)
- Disponibilidad (%)
- Porcentaje de utilización del equipo (% utilización)
- Km recorridos / Horas trabajadas (Km Hr)
- Metros cúbicos / Mes de producción ( $\text{Tn}/\text{m}^3$ )

Para poder brindar alternativas de solución en el alquiler de nueva maquinaria utilizaremos la metodología AHP mediante un cálculo analítico.



Esta metodología es utilizada para el análisis de una serie de criterios de opciones en los que se consideraran las opciones tanto como para el cargador frontal y para la excavadora. Teniendo en cuenta criterios como: precio de alquiler, capacidad de cuchara, capacidad de combustible y la producción por hora. **(Ver anexo 5 y 6).**

La metodología AHP, nos ayudara a seleccionar la mejor alternativa para reemplazar la maquinaria existente en la cantera.

Además, se utilizó el manual de rendimiento CATERPILLAR, el cual nos proporciona la información necesaria de los modelos de equipos que tienen en alquiler los proveedores de la cantera BR.

Para finalmente comparar con la propuesta (AHP) de alquiler con mayor dimensión, previniendo costos innecesarios para optimizar la producción diaria.

**Tabla 9.** *Maquinaria de la cantera RB.*

<b>CARGADOR FRONTAL L90F</b>	--	1	FABRICANTE: VOLVO	
			CAPACIDAD DE CUCHARA: 2.6 M <sup>3</sup>	
			PESO OPERATIVO: 14,9 – 15,9 ton	
			POTENCIA: 174 hp @ 1.700 rpm	
<b>EXCAVADOR A 329D<sub>2</sub>L SOBRE ORUGAS</b>	S/. 170.00	1	FABRICANTE: CATERPILLAR	
			CAPACIDAD DE CUCHARA: 2.5 M <sup>3</sup>	
			PESO OPERATIVO: 29,4 ton	
			POTENCIA: 150.6 kW	

Fuente: elaboración propia.

En relación a la **Formulación del problema** tenemos:

¿Qué tipo de gestión permitirá optimizar la producción en la cantera de la empresa “RB”?

### **Justificación del estudio.**

La empresa INVERSIONES Y SERVICIOS RB – FERREÑAFE, 2019 no cuenta con un balance de gestión en las áreas de trabajo, por ello no cuenta con una credencial apropiada por cada operación, ocasionando grandes porcentajes de deficiencia en la productividad operativa en las áreas de carguío y acarreo. Es necesario que la presente investigación motive a dar soluciones a la situación actual de la cantera RB. Para ello se propondrá la gestión multicriterio (AHP) con el fin que el negocio siga siendo competitivo y pueda ofertar el producto o servicios de calidad y valor para los clientes y, por tanto, generar ventas.

Mediante el uso de herramientas para mejorar la gestión en la medición del proceso, obteniendo datos para transformarlos en información, determinando puntos de mejora y utilizando la metodología AHP que es adecuada para solución de problemas a niveles jerárquicos. Los criterios que se aplicaran en la empresa para plantear con precisión soluciones a los problemas identificados en el área de productividad, con el objetivo optimizar la toma de decisiones, la presente investigación busca plantear mejoras en la empresa, aportando los conocimientos requeridos a lo largo de la carrera en el área de operaciones, lo cual servirá de antecedentes para el futuro en la investigación de trabajos.

Cabe precisar la importancia que adopta el presente trabajo de investigación, el cual se orienta a la evaluación de criterios seleccionados para el alquiler de maquinaria en la optimización de productividad de la cantera RB, Ferreñafe 2019.

## **Hipótesis.**

La gestión multicriterio AHP permitirá optimizar la productividad en la cantera RB, Ferreñafe – 2019.

## **Objetivos**

Tenemos como **Objetivo general:**

Proponer la gestión multicriterio para la optimización de la productividad en la cantera RB, Ferreñafe – 2019.

Y como **Objetivos específicos:**

- Identificar y evaluar los riesgos que alteran y dificultan la producción en relación a la maquinaria de la cantera RB.
- Analizar los tiempos que desarrollan cada una de las maquinarias en el proceso de carguío y acarreo
- Plantear la metodología multicriterio AHP para optimizar el proceso de carguío y acarreo en el área de producción.
- Comparar los indicadores de la maquinaria antigua y la obtenida de la metodología multicriterio AHP

## **II. MÉTODO.**

### **2.1. Tipo y diseño de investigación.**

Este trabajo de investigación tubo como enfoque el tipo cuantitativo considerando sus características y los objetivos, además el diseño de investigación fue descriptivo propositivo y según Hernández, Fernández Y Batista (2015), el objetivo que tuvo esta investigación, estuvo orientada a la descripción de los sucesos y del planteamiento de las variables, al final se estableció una propuesta de solución o una alternativa tratable frente al problema.

### **2.2. Variables, operacionalización.**

#### **2.2.1. Variables**

##### **a) Gestión multicriterio V.I.**

Gestión o análisis multicriterio, se le denomina al análisis multi objetivo, también abreviado como AMO, es toda aquella herramienta que es útil para evaluar diversas posibles soluciones a un determinado problema, teniendo en cuenta un número variable de criterios, el que además se utiliza para apoyar la toma de decisiones en la selección de la opción más conveniente.

##### **b) Optimización de la productividad V.D.**

La productividad es un concepto que afina la Economía, se refiere a la relación entre la cantidad de productos obtenidos mediante un sistema productivo y los recursos empleados en su producción. En este sentido, la productividad es un indicador de la eficiencia productiva. Concluyendo en que la optimización de la productividad es el provecho máximo de todos los procesos empleados para la obtención de un producto.

### 2.2.2. Operacionalización.

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	TÉCNICA	INSTRUMENTO
<b>GESTION MULTICRITERIO V.I.</b>	El nivel de gestión multicriterio de toda la maquinaria	Método AHP	Observación	Matriz de recolección de datos Guía de observación de campo
		Consistencia		
		Criterios		
		Sistema jerárquico		
		Alternativas		
<b>OPTIMIZACION DE PRODUCTIVIDAD V.D.</b>	El nivel de optimización de productividad de la maquinaria de la cantera "RB"	Comparación de criterios		Libreta de campo Guía de observación de campo
		Tiempos		
		transporte		
		Costos		
		Producción		
		precio		
		combustible		

### **2.3. Población, muestra y muestreo.**

#### **Población.**

Lo conformaron toda la maquinaria que alquila la cantera “RB” en los meses de septiembre – noviembre 2019, cargadores frontales y excavadoras.

#### **Muestra.**

Para la muestra del trabajo de investigación se consideraron: tiempos, capacidad de carga, horas trabajadas, material removido (producción por horas, días, semanas, mensuales. Etc.). Los cuales mediante los instrumentos guías de observación de campo, y la aplicación de la metodología AHP ofrecen solución al problema planteado.

#### **Muestreo.**

Se realizó un muestreo con 4 criterios sobre cargadores frontales y excavadores, es decir producción por hora, precio de alquiler, capacidad de combustible y capacidad de cuchara para la selección de maquinaria en reemplazo de la excavadora L90F y la excavadora 329D<sub>2</sub>L con la aplicación del método AHP.

Algunos criterios que ayudaron a la recolección de muestras fueron:

#### **Criterios de inclusión:**

Procesos considerados (producción, carguío y acarreo)

Problema de investigación

Operaciones dentro de la cantera

#### **Criterios de exclusión:**

Procesos no considerados

Evaluación ingenieril

Material extraído



## 2.4. Técnicas de instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

En el siguiente proyecto de investigación, mediante la recolección de datos este trabajo usara técnicas documentales y técnicas de campo.

- **Técnica de investigación documental:** conocida también técnica de gabinete, propia que permite la indagación y el análisis de la recopilación documental. Dicha técnica se empleará en el momento principal de procesamiento de información bibliográfica que brindará el origen del problema y la construcción del marco teórico (CAMPOS, 2015).

Se obtendrá citas textuales y de parafraseo similar a las que permiten localizar autores obtenidas de repositorios y sitios realmente conocidos.

Dentro del trabajo de investigación se utilizaron fuentes bibliográficas tales como tesis, libros digitales informes y artículos de revistas.

- **Técnicas de campo:** Este tipo de técnica ayudara a recopilar datos insitu. En el trabajo de investigación se empleará la técnica de la observación sistemática.
- **Técnica de observación sistemática:** con esta técnica de la observación detallada se obtendrá información de la productividad diaria, las pérdidas de tiempo en las operaciones que se realizan en la cantera y el mal manejo de gestión. Apoyado en el instrumento AHP.

### **Guía de observación de campo**

Esta guía de observación de campo y gabinete, permitió mejorar los estudios realizados in situ, aportando de manera satisfactoria en el conocimiento de las características específicas del conglomerado existente; guardando relación con la extracción del material que contribuye de manera económica. Con relación a las variables planteadas se recolecto información que nos ayudó a organizar en una matriz los indicadores necesarios para llegar al objetivo de proponer una alternativa que, mediante la gestión, aumente la productividad.

## 2.5. Método de análisis de datos.

Para cualquier trabajo de investigación es indispensable tener en cuenta métodos de análisis tales como: analítico sintético y sistemático.

**Método Analítico.** Se llevará a cabo partiendo de las características y particularidades de cada parte que conforma el objeto de investigación. Investigando al detalle las partes de dicho objeto.

**Método Sistemático.** Este método presenta una serie de reglas con respecto a cómo se maneje el objeto de investigación permitiendo comprender sistemáticamente el mismo en momentos específicos.

Con respecto al análisis de datos. Consideramos tomar como reseña el método de análisis, ensayos de hipótesis, cuadros de Excel y la libreta de campo.

Los datos que se procesaran, nos ayudaran a ordenar nuestra investigación, realizando cuadros comparativos, teniendo presente los diferentes tipos de investigación que existen y analizar todos los datos informativos recolectados basados a las teorías mencionadas.

## 2.6. Aspectos éticos.

De acuerdo con los principios establecidos por la universidad Cesar Vallejos filial Chiclayo y la naturalidad del trabajo de investigación tenemos:

- **Manejo de fuentes de consulta.** Consiste en desarrollar fichas de bibliografías completas, sin embargo, se necesita que toda la información se redacte tal y como se muestra en las fuentes de donde obtuvimos la información mediante citas de textuales y no textuales dando merito a los autores que redactaron la información.
- **Claridad con los objetivos de información.** Se debe de tener en cuenta lo que se quiere lograr desde un inicio presentando el fin del proyecto de investigación
- **Transparencia de los datos obtenidos.** Este proyecto debe presentar diversas causas con respecto al problema sin modificar lo observado a fin de

que al momento de interpretar lo investigado no exista confusión entre las definiciones.

- **Confidencialidad.** Se debe respetar la clandestinidad del o de los propietarios si así lo requieren. por esto, se debe cuidar toda información obtenida utilizados científicamente en esta investigación.
- **Profundidad en el desarrollo del tema.** En esta parte se deben de tener diversos conceptos y definiciones respecto al tema de investigación. Siempre averiguando y aportando nueva información teniendo como fin dominar el tema.

### III. RESULTADOS.

En este capítulo se procesó la información obtenida posterior a la aplicación de nuestros instrumentos establecidos frente a los objetivos planteados. Para llegar al objetivo principal de este trabajo de investigación se realizó un diagnóstico a las maquinarias que desarrollaban a cabo la producción en la cantera.

#### **Identificar y evaluar las actividades de riesgo que dificultan la producción con relación a la maquinaria en la cantera “RB”**

En la siguiente tabla se manifiestan las faltas o riesgos más frecuentes que dificultan el desarrollo de la productividad de la cantera “RB”

**Tabla 10.** *Riesgos que dificultan la producción en relación de la excavadora 329D<sub>2</sub>L*

MAQUINARIA	ACTIVIDAD (RIESGO)	EVALUACIÓN
IA		
	– Calentamiento de aceite al exigir torque	1
	– Es de mantenimiento difícil	2
	– Fallas en el sistema hidráulico	2
	– Los operarios no utilizan ni emplean los equipos de protección personal	4
	– Fugas de aceite	3
	– Reemplazo innecesario de filtro o fluidos	1
329 D <sub>2</sub> L	– La capacitación de los operadores es pésima	3
	– Costos elevados por mantenimiento	3
	– Falta de potencia	1
	– Posición inadecuada en áreas de trabajo	4
	– Humo negro	3

-	Arranque difícil del motor	1
-	Vida útil- calidad	2
-	Demoras operativas	3
-	Suciedad	2

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla 13. Existen actividades que dificultan un desempeño optimo en relación a la excavadora 329 D<sub>2</sub>Lel cual toma expone una escala de evaluación considerando 1. Leve (no expone la vida del operador o trabajador): haciendo referencia al arranque difícil de motor y 4. Fatal (expone críticamente la vida del operador o trabajar)

**Tabla 11.** *Riesgos que dificultan la producción en relación de cargador frontal L90F*

MAQUINARIA	ACTIVIDAD (RIESGO)	EVALUACIÓN
<b>L 90 F</b>	✓ Vida útil	1
	✓ Neumáticos en desgaste	1
	✓ Disponibilidad de repuestos	4
	✓ Paradas imprevistas	3
	✓ Mayor consumo de combustible	3
	✓ Inestabilidad al cargar el material	4
	✓ Pérdida de tiempo en colas	3
	✓ Fuga de aceite	2
	✓ Recalentamiento del motor	3

✓	Sistema eléctrico	4
✓	Estado del cucharón	2
✓	Consumo de aceite	2
✓	Sistema de refrigeración	1
✓	Frenos	3
✓	Lubricación	1

Fuente: Elaboración propia.

Relativamente en la tabla 14. Existen actividades que dificultan un desempeño óptimo en relación al cargador frontal L90F el cual frente a una escala de evaluación considerando 1. Leve (no expone la vida del operador o trabajador): haciendo referencia a la lubricación y 4. Fatal (expone críticamente la vida del operador o trabajador) aquí tenemos la inestabilidad al momento de cargar el material. **Ver anexo 17.**

**Tabla 12.** *Escala de evaluación*

Evaluación
<b>1. Leve</b>
<b>2. Grave</b>
<b>3. Fuerte</b>
<b>4. Fatal</b>

Fuente: elaboración propia.

En esta tabla 15 se presenta una escala de evaluación en la que como grupo decidimos calificar las actividades con un valor numérico, siendo 1 para actividades o faltas leves, 2 para faltas graves. 3 para actividades que lleven a un tipo de paralización de la

maquinaria y cuatro actividades que ponen en peligro la vida de los trabajadores. El área de producción de la cantera cuenta con un cargador propio de la empresa, pero debido al excesivo mantenimiento al que se somete al cargador se pierde tiempo dejando de abastecer, apilar y zarandear el material generando baja producción, colas en los camiones y por ende retraso en la entrega del material.

**Analizar los tiempos que desarrollan cada una de las maquinarias en el proceso de carguío y acarreo de material.**

En esta parte se presentaron los datos obtenidos con respecto a los tiempos que desempeño la excavadora sobre orugas 329 D2L para el carguío, acarreo y apilado de material. Considerando también las demoras y los tiempos establecido para el cargador frontal L90 F desempeñando las mismas labores. Además, se llegó a estimar la producción diaria/mensual/anual de ambas maquinarias. **Ver anexo 4.**

a) Se presentaron los tiempos establecidos por la excavadora 329 D<sub>2</sub>L.

**Tabla 13.** *Tiempos establecidos por la excavadora 329 D<sub>2</sub>L.*

EQUIPO	CAPACIDAD	MATERIAL	N°	TIEMPO/SEG.
			PASES	
329 D <sub>2</sub> L	2.5 m <sup>3</sup>	AFIRMADO	1	0.20
			2	0.21
			3	0.23
			4	0.19
			5	0.20
			6	0.20
			7	0.21
			8	0.22
			9	0.21
			10	0.23
			TOTAL	3 Min 5 Seg

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 16, Se presentan los tiempos empleados por 10 pases de la excavadora 329 D<sub>2</sub>L en condiciones normales, presentando un tiempo estimado de 3 Minutos y 5 Segundos por cada 10 pasadas que haga la pluma de la excavadora.

**Tabla 14.** *Número de pases - tiempos estimados por pasadas de la excavadora 329 D<sub>2</sub>L.*

<b>N° PASES</b>	<b>TIEMPO/MIN.</b>
<b>10</b>	3 Min. 5 Seg.
<b>50</b>	15 Min. 25 Seg.
<b>100</b>	30 Min. 50 Seg.
<b>200</b>	1 Hr. 1 Min 40 Seg
<b>1500</b>	7 Hr. 1 Min 7 Seg

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 17, se presentan los números de pases establecidos en relación al factor tiempo. Se debe tener en cuenta que para la elaboración de esta tabla solo se consideró el tiempo empleado por la pluma al momento de realizar el recojo y traslado de material (se consideró un ida y vuelta como un solo ciclo de operación, es decir; ida y vuelta = 1 pase).

En efecto, el tiempo estimado por 10 pases de la excavadora 329 D<sub>2</sub>L es de 3 minutos con 5 segundos, y relativamente para 1500 pases ejecutados por la pluma de la excavadora 329 D<sub>2</sub>L se estima un tiempo de 7 hora, 1 minuto y 10 segundos. Es un estimado de tiempo debido a que el tiempo de trabajo es de 7 a 8 horas diarias de ambas maquinarias.



Además, se deben considerar otros tiempos empleados por cambio de turno, recepción de llamadas, recesos (desayuno – almuerzo) por día.

**Tabla 15.** *Otras demoras para la excavadora 329D<sub>2</sub>L.*

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>TIEMPO/MIN.</b>
<b>DESAYUNO</b>	60.0
<b>ALMUERZO</b>	70.0
<b>TURNOS</b>	15.0
<b>LLAMADAS</b>	10.0
<b>TOTAL</b>	2h 35 Min.

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 18, se describen los tiempos del personal operario con respecto a la realización de otras actividades que afectan la producción con relación al factor tiempo, en la que como vemos, la actividad que más tiempo requiere es la del almuerzo. Los operarios hacen empleo de un tiempo excesivo (1 hora y 10 minutos), excediendo incluso el tiempo estimado por la empresa la cual es de 45 minutos. Cabe resaltar que estos tiempos están relacionados tanto para operarios de la excavadora 329 D<sub>2</sub>L y el cargador frontal L90F.

**Tabla 16.** *Rendimiento de la excavadora 329 D<sub>2</sub>L*

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DATOS</b>
<b>CAPACIDAD DE CUCHARON (Q)</b>	2.5 M <sup>3</sup>
<b>FACTOR DE LLENADO (F)</b>	90 %
<b>F. DE EFICIENCIA OPERATIVA €</b>	80 %
<b>TIEMPO DE UN CICLO DE (T)</b>	0.23 seg.
<b>RENDIMIENTO DE LA EXCAVADORA 329 D<sub>2</sub>L</b>	281.7 m <sup>3</sup>

Fuente: elaboración propia.

La producción que realizó diariamente la excavadora 329 D<sub>2</sub>L fue de 281.7 m<sup>3</sup> en una hora de trabajo eso quiere decir que de las 8 horas trabajadas la excavadora mueve 2253.6 m<sup>3</sup> de material.

**Tabla 17.** *Consumo de combustible, galones - horas trabajadas de la excavadora 329 D<sub>2</sub>L.*

HORA S	COMBUSTIBLE	PRECIO POR GALON	N° DE GALONES	TOTAL
1	Diésel B5 (S-50)	S/. 12.20	3.5	S/. 42.70
8			28	S/. 341.60
54			189	S/. 2,305.80

Fuente: elaboración propia.

Para el funcionamiento de la excavadora 329 D<sub>2</sub>L, se requerían 3.5 galones por hora generando un gasto de S/.42.70 soles, diariamente se emplearon 28 galones generando un gasto de S/. 341.60 soles y al mes se necesitaron 189 galones sumando un gasto semanal de S/. 2,305.80.

- b) Se presentaron los tiempos recopilados por el cargador frontal L 90 F en nuestra libreta de campo. además, a través del análisis y recolección de datos se pudo calcular el rendimiento del cargador L 90 F. **ver anexo 4**

c)

**Tabla 18.** *Tiempos desarrollados por el cargador L90F al momento de llevar el material a la zaranda*

EQUIPO	CAP. DE CUCHARA	N° PASES	TIEMPO
L 90 F	2.6 M <sup>3</sup>	1	29 Seg
		2	23 seg.
		3	23 seg.
		4	25 seg.
		5	31 seg.

6	27 seg.
7	30 seg.
8	29 seg.
9	31 seg.
10	25 seg.
<b>TOTAL</b>	<b>4 Min. 53 Seg.</b>

Fuente: elaboración propia.

En esta parte se decidió calcular el tiempo que estima el cargador frontal L90F al momento de zarandear el material luego del corte que realiza la excavadora 329D<sub>2</sub>L, para ello se calculó un número de 10 pasadas desarrollando un tiempo de 4 minutos 53 segundos. (VER ANEXO N...

Se debe considerar que durante el día de trabajo el cargador frontal L90F desempeña no solo una sino muchas funciones al mismo tiempo ya que se encarga de zarandear, apilar y abastecer los camiones que llegar a comprar material a la cantera.

Es decir; una de las labores que desarrollo el cargador L90F es la de llevar el material hacia la zaranda en los tiempos que no está abasteciendo a los camiones, una vez realizado el zarandeo el mismo cargador realiza el apilado del material depositado de bajo de la zaranda.

**Tabla 19.** *Rendimiento del cargador frontal L90F.*

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DATOS</b>
<b>CAPACIDAD DE CUCHARON (Q)</b>	2.6 m <sup>3</sup>
<b>FACTOR DE LLENADO</b>	90%
<b>FACTOR DE EFICIENCIA OPERATIVA</b>	80%
<b>TIEMPO DE UN CICLO DE TRABAJO</b>	27.3 Seg
<b>RENDIMIENTO DE CARGADOR FRONTAL L90F</b>	<b>246.9 m<sup>3</sup>/h</b>

Fuente: elaboración propia.

La producción que realizó diariamente el cargador frontal L90F fue de 246.9 m<sup>3</sup> en una hora de trabajo eso quiere decir que de las 8 horas trabajadas por día la excavadora mueve 1974.8 m<sup>3</sup> de material.

**Tabla 20.** *Consumo de combustible, galones - horas trabajadas del cargador frontal L90F*

HORA S	COMBUSTIBLE	PRECIO POR GALON	N° DE GALONES	TOTAL
1			2.8	S/.34.16
8	Diésel	S/. 12.20	22.4	S/.273.28
	B5 (S-50)			S/.1,844.6
54			151.2	4

Fuente: elaboración propia.

Para el funcionamiento del cargador frontal L90F, se requerían 2.8 galones por hora generando un gasto de S/.34.16 soles, diariamente se emplearon 22.4 galones generando un gasto de S/. 273.28 soles y al mes se necesitaron 151.20 galones sumando un gasto semanal de S/. 1,844.64 soles.

### **Proponer la metodología multicriterio AHP, para la optimización de la productividad en la cantera RB.**

Para llevar a cabo la propuesta de gestión multicriterio AHP, se realizaron 4 opciones diferentes de maquinaria. Tanto como para la excavadora como para el cargador frontal que se propuso reemplazar.

#### **Metodología AHP para cargadores.**

- I. Seleccionamos 4 series de maquinaria de cargadores y excavadoras, cada una de ellas vendrían a ser una opción, para esta selección se tuvo en cuenta la maquinaria que posee el proveedor que alquila las maquinarias al señor Raúl Benavides.

**Tabla 21.** *Opciones de cargadores frontales.*

SERIE	OPCIÓN
938H	OPCIÓN 1
950H	OPCIÓN 2
962H	OPCIÓN 3
928Hz	OPCIÓN 4

Fuente: elaboración propia.

II. Para cada tipo de maquinaria se tuvieron que plantear 4 criterios.

**Tabla 22.** *Criterios de cargadores frontales.*

	PRECIO		CAPACIDAD/CU	COMBUSTIBLE	PROD.
	ALQUILER/HOR		CHARA		UND/HOR
OPCION 1	\$/	50.00	3 m <sup>3</sup>	247 litros	405.6
OPCION 2	\$/	55.00	3.5 m <sup>3</sup>	314 litros	473.1
OPCION 3	\$/	55.00	3 m <sup>3</sup>	314 litros	405.6
OPCION 4	\$/	45.00	2 m <sup>3</sup>	225 litros	270.4

Fuente: Saaty y Vargas (2008)

Para la tabla 25 se tomaron en cuenta 4 opciones junto con cuatro criterios para cada una. Precizando el precio de alquiler por hora de 4 cargadores, la capacidad de cuchara, la cantidad de combustible que se requiere para llenar el tanque de la maquinaria además de la producción por hora de cada cargador en relación a su capacidad.

Una vez planteadas las opciones y los criterios se necesitó hallar la producción por hora de la maquinaria además de considerar otros aspectos establecidos por las especificaciones de los equipos y en algunos casos como el precio del alquiler se contó con la información recopilada en campo.

**Tabla 23.** *Indicadores de cargador 928 Hz*

<b>Cargador Frontal 928 Hz</b>	
<b>Eficiencia</b>	80%
<b>Factor de esponjamiento</b>	1.15
<b>Distancia de transporte</b>	10
<b>Velocidad de vuelta</b>	10
<b>Velocidad de ida</b>	5
<b>Tiempo de ascenso-descarga-descenso</b>	13.7* Seg.
<b>Capacidad del cucharón m³</b>	2
<b>Tiempo variable</b>	0.18
<b>Tiempo del ciclo</b>	0.23 Seg.
<b>Tiempo total del ciclo Cm</b>	0.41
<b>Producción por hora</b>	270.4

Fuente: elaboración propia.

La capacidad o producción por hora del cargador 928 Hz esa estimada en 270.4 m3. En las mismas condiciones de eficiencia del equipo L90F.

(\*) En esta parte se consideraron los tiempos desempeñados al momento de elevar, descender y descargar material. Cabe recalcar que para las opciones de cálculo se consideraron los mismos tiempos (13.7 segundos).

**Tabla 24.** *Tiempos de elevación/descenso/descarga*

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>TIEMPO</b>
<b>Elevación</b>	6.2 seg
<b>Descarga</b>	1.3 seg
<b>Descenso</b>	6.2 seg
<b>TOTAL</b>	13.7 Seg.

Fuente: manual CATERPILLAR.

Cada cargador frontal tiene una eficiencia el 80 % debido a que son cargadores de segunda mano, es decir, ya tienen utilidad, en esta parte el dueño de la maquinaria nos facilita esa información para la realización de las tablas.

**Tabla 25.** *Indicadores de cargador 938H - 962H.*

<b>Cargador Frontal 938 H – 962 H</b>	
<b>Eficiencia</b>	80%
<b>Factor de esponjamiento</b>	1.15
<b>Distancia de transporte</b>	10
<b>Velocidad de vuelta</b>	10
<b>Velocidad de ida</b>	5
<b>Tiempo de ascenso-descarga-descenso</b>	13.7
<b>Capacidad del cucharón m<sup>3</sup></b>	3
<b>Tiempo variable Tv=</b>	0.18
<b>Tiempo del ciclo (*)</b>	0.23
<b>Tiempo total del ciclo Cm</b>	0.41
<b>Producción por hora</b>	405.6

Fuente: elaboración propia.

En las tablas anteriores, debido a que ambos cargadores tienen la misma capacidad de cucharón. Se muestra una sola tabla para ambas situaciones.

La producción por hora de los cargadores 938 H – 962 H está estimada en 405.6 m<sup>3</sup>.

En las mismas condiciones de eficiencia del equipo L90F.

En condiciones generales los cargadores frontales 938 H y 962 H comparten las mismas especificaciones técnicas, tienen la misma capacidad de cucharón, la producción, etc.

**Tabla 26.** *Indicadores de cargador 950 H.*

<b>Cargador Frontal 950 H</b>	
<b>Eficiencia</b>	80%
<b>Factor de esponjamiento</b>	1.15
<b>Distancia de transporte</b>	10
<b>Velocidad de vuelta</b>	10
<b>Velocidad de ida</b>	5
<b>Tiempo de ascenso-descarga-descenso</b>	13.7
<b>Capacidad del cucharón m<sup>3</sup></b>	3.5
<b>Tiempo variable Tv=</b>	0.18
<b>Tiempo del ciclo (*)</b>	0.23
<b>Tiempo total del ciclo Cm</b>	0.41
<b>Producción por hora</b>	473.1

Fuente: elaboración propia.

La capacidad o producción por hora del cargador 950 H esa estimada en 473.1 m<sup>3</sup>. En las mismas condiciones de eficiencia del equipo L90F. Una vez calculado el rendimiento o producción por hora de los cargadores frontales propuestos como opciones, se tiene completa la tabla 25 la cual se utilizó en la metodología multicriterio AHP.



## METODOLOGÍA MULTICRITERIO AHP PARA CARGADOR FRONTAL

**Tabla 27.** Metodología AHP - criterio precio de alquiler de cargadores frontales.

PRECIO ALQUILER									
	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3	OPCIÓN 4	MATRIZ NORMALIZADA				VECTOR PROMEDIO.
<b>Opción 1</b>	1	5	5	0.3	0.23	0.36	0.69	0.05	0.33
<b>Opción 2</b>	0.2	1	1	0.1	0.05	0.07	0.14	0.02	0.07
<b>Opción 3</b>	0.2	1	1	5	0.05	0.07	0.14	0.77	0.26
<b>Opción 4</b>	3	7	0.2	1	0.68	0.50	0.03	0.15	0.34
<b>SUMA</b>	4.4	14	7.2	6					

Fuente: Saaty y Vargas (2008)

En esta parte se empezó a analizar cada criterio u opción. Aquí se tomó el criterio PRECIO ALQUILER para relacionar las opciones entre sí en la que se consideró:

- La opción 1 es fuertemente más aceptable que la opción 2, la opción 1 es fuertemente más aceptable que la opción 3.
- La opción 2 es igual a la opción 3.
- La opción 3 es igual a la opción 2 y la opción 3 es fuertemente más aceptable que la opción 4.
- La opción 4 es moderadamente mayor que la opción 1, la opción 4 es más fuerte que la opción 2.

Tras el procedimiento del cálculo de la metodología AHP. Se tuvo que obtener el vector promedio en el que se obtuvo que la opción 4 en relación al PRECIO DEL ALQUILER es la más aceptable.

Tabla 28. Metodología AHP - criterio de capacidad de cuchara para cargadores

CAPACIDAD DE CUCHARA									
	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3	OPCIÓN 4	MATRIZ NORMALIZADA				VECTOR PROMEDIO
<b>Opción 1</b>	1	0.2	1.0	5	0.139	0.122	0.192	0.250	0.18
<b>Opción 2</b>	5	1	3	9	0.694	0.608	0.577	0.450	0.58
<b>Opción 3</b>	1	0.3	1	5	0.139	0.203	0.192	0.250	0.20
<b>Opción 4</b>	0.2	0.1	0.2	1	0.028	0.068	0.038	0.050	0.05
<b>SUMA</b>	7.2	1.6	5	20					

Fuente: Saaty y Vargas (2008).

En esta parte se analizaron las opciones en la que se tomó el criterio CAPACIDAD DE CUCHARA para relacionar las opciones entre sí en la que se consideró:

- La opción 1 es fuertemente más aceptable que la opción 4
- La opción 2 es fuertemente más aceptable que la opción 1, La opción 2 es moderadamente mejor que la opción 3, La opción 2 es en extremo más aceptable que la opción 4
- La opción 3 es igual a la opción 1, la opción 3 fuertemente más aceptable que la opción 4.
- Para la opción 4 no se consideró algún criterio puesto que la operacionalización de toda la tabla ya se había completado.

Al hallar el vector promedio, se obtuvo que la opción 2 en relación a la CAPACIDAD DE CUCHARA es la más aceptable.

Tabla 29. Metodología AHP - criterio capacidad de combustible para cargadores.

CAPACIDAD DE COMBUSTIBLE									
	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3	OPCIÓN 4	MATRIZ NORMALIZADA				VECTOR PROMEDIO
<b>opción 1</b>	1	0.2	0.2	3	0.088	0.085	0.085	0.167	0.11
<b>opción 2</b>	5	1	1.0	7	0.441	0.427	0.427	0.389	0.42
<b>opción 3</b>	5	1	1	7	0.441	0.427	0.427	0.389	0.42
<b>opción 4</b>	0.3	0.1	0.1	1	0.029	0.061	0.061	0.056	0.05
<b>SUMA</b>	<b>11.3</b>	<b>2</b>	<b>2.3</b>	<b>18.0</b>					

Fuente: Saaty y Vargas (2008).

En esta parte se analizaron las opciones en la que se tomó el criterio CAPACIDAD DE COMBUSTIBLE para relacionar las opciones entre sí en la que se consideró

- La opción 1 es moderadamente mejor que la opción 4
- La opción 2 es fuertemente más aceptable que la opción 1, la opción 2 es más fuerte que la opción 4.
- La opción 3 es moderadamente mejor que la opción 1, La opción 3 es igual a la opción 4, La opción 3 es más fuerte que la opción 4.
- En la opción 4, no se consideró algún criterio puesto que la operación de toda la matriz ya se había completado.

Al hallar el vector promedio, se obtuvo que la opción 2 y la opción 3 en relación a la CAPACIDAD DE COMBUSTIBLE son las más aceptables.

**Tabla 30.** Metodología AHP - criterio tasa de producción para cargadores.

TAZA DE PRODUCCIÓN									
	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3	OPCIÓN 4	MATRIZ NORMALIZADA				VECTOR PROMEDIO
<b>Opción 1</b>	1	0.1	0.2	3	0.075	0.088	0.045	0.188	0.10
<b>Opción 2</b>	7	1	3	7	0.525	0.618	0.682	0.438	0.57
<b>Opción 3</b>	5	0.3	1	5	0.375	0.206	0.227	0.313	0.28
<b>Opción 4</b>	0.3	0.1	0.2	1	0.025	0.088	0.045	0.063	0.06
<b>SUMA</b>	13	2	4	16					

Fuente: Saaty y Vargas (2008)

En esta parte se analizaron las opciones en la que se tomó el criterio TAZA DE PRODUCCIÓN para relacionar las opciones entre sí en la que se consideró:

- La opción 1 es moderadamente mejor que la opción 4
- La opción 2 es más fuerte que la opción 1, la opción 2 es moderadamente mejor que la opción 3, La opción 2 es más fuerte que la opción 4
- La opción 3 es moderadamente mejor que la opción 1, La opción 3 es moderadamente mejor que la opción 4
- Opción 4, en esta opción no se consideró algún criterio puesto que la operación de toda la tabla ya se había completado.

Al hallar el vector promedio, se obtuvo que la opción 2 en relación a la TAZA DE PRODUCCIÓN es la más aceptable.

**Tabla 31.** Metodología AHP –Matriz de comparación por pares.

MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES - CRITERIOS									
	ALQUIEN	CUCHARA	COMBUST.	PRODUCC.	MATRIZ NORMALIZADA				VECTOR PROMEDIO
<b>ALQUILER</b>	1	0.3	0.2	0.1	0.056	0.045	0.019	0.050	0.04
<b>CUCHARA</b>	3	1	0.2	1	0.167	0.136	0.019	0.450	0.19
<b>COMBUST.</b>	5	5	1	0.11	0.278	0.682	0.096	0.050	0.28
<b>PRODUC.</b>	9	1	9	1	0.500	0.136	0.865	0.450	0.49
<b>SUMA</b>	18	7	10	2.2					

Fuente: Saaty y Vargas. (2008).

En esta matriz por pares se compararon los criterios según el grado de importancia. Considerando que:

- La capacidad de cuchara es moderadamente mejor que el alquiler de la maquinaria
- El combustible es fuertemente más aceptable que el alquiler al igual que la capacidad de la cuchara
- Y finalmente la producción es en extremo más aceptable que el alquiler.

Como resultado en el vector promedio nos muestra que la producción tiene un grado muy sobresaliente en relación a los demás criterios.

Habiendo obtenido la matriz de comparación por pares y las tablas de criterios analizadas una por una, se llevó a cabo la matriz de ponderación la cual nos arrojó la mejor alternativa o solución. La finalidad del análisis de las opciones es contrastar los criterios entre ellos para la selección de una opción que pueda ayudarnos a optimizar la productividad de la cantera RB.

**Tabla 32.** *Ponderación final de las 4 opciones de cargadores.*

	<b>ALQUILER</b>	<b>CAPACIDAD</b>	<b>COMBUSTIBLE</b>	<b>PROUCC.</b>	
<b>OPCION 1</b>	0.33	0.18	0.11	0.10	0.13
<b>OPCION 2</b>	0.07	0.58	0.42	0.57	0.51
<b>OPCION 3</b>	0.26	0.20	0.42	0.28	0.30
<b>OPCION 4</b>	0.34	0.05	0.05	0.06	0.06
<b>PROMEDIO</b>	0.04	0.19	0.28	0.49	

Fuente: Saaty y Vargas (2008)

Finalmente, la metodología AHP, a través de la ponderación final nos señaló a la opción 2 como una alternativa que aporta a la optimización de la productividad en la cantera RB con un 0.51% de probabilidad.

#### **Metodología AHP para excavadoras.**

- I. Al igual que en el caso de los cargadores, para las excavadoras, planteamos 4 opción, para esta selección se tuvo en cuenta la maquinaria que posee el mismo proveedor que alquila las maquinarias al señor Raúl Benavides.

**Tabla 33.** *opciones de excavadoras.*

<b>SERIE</b>	<b>OPCIÓN</b>
<b>E 240 B</b>	OPCION 1
<b>329D<sub>2</sub>L*</b>	OPCION 2
<b>345B L SERIE II</b>	OPCION 3
<b>330 CL</b>	OPCION 4

Fuente: elaboración propia.

II. Para cada tipo de excavadora se tuvo que plantear 4 criterios.

**Tabla 34. Criterios de excavadoras**

	<b>PRECIO</b>	<b>CAPACIDAD</b>	<b>COMBUSTIBLE</b>	<b>PROD.</b>
	<b>ALQUILER/HOR</b>	<b>CUCHARA</b>		<b>UND/HOR</b>
<b>OPCION 1</b>	\$/ 50.00	1.8	280 litros	222.2
<b>OPCION 2</b>	\$/ 55.00	2.6	520 litros	320.9
<b>OPCION 3</b>	\$/ 50.00	1.7	720 litros	209.8
<b>OPCION 4</b>	\$/ 60.00	2.9	618 litros	357.9

Fuente: elaboración propia.

Para la tabla 37 se tomaron en cuenta los mismos criterios para cada una de las opciones que se consideraron para los cargadores frontales. De igual manera cuatro criterios para cada opción. Precizando el precio de alquiler por hora de 4 cargadores, la capacidad de cuchara, la cantidad de combustible que se requiere para llenar el tanque de la maquinaria además de la producción por hora de cada cargador en relación a su capacidad.

Una vez planteadas las opciones y los criterios se necesitó hallar la producción por hora de la maquinaria además de considerar otros aspectos establecidos por las especificaciones de los equipos y en algunos casos como el precio del alquiler se contó con la información recopilada en campo.

\*se consideró la misma excavadora 329D<sub>2</sub>L como opción ya que no se tuvo otra referencia relacionada a una excavadora para llevar a cabo la metodología AHP.

Como en el caso de los cargadores se tuvo que calcular la producción por hora de las distintas excavadoras tomadas como opciones en la aplicación de la metodología AHP.

**Tabla 35. Producción de excavadora E240B**

<b>EXCAVADORA E240B</b>	
<b>Capacidad de cucharón (Q)</b>	1.8 m <sup>3</sup>
<b>Factor de llenado (F)</b>	90%
<b>Factor de eficiencia operativa €</b>	80%
<b>Tiempo de un ciclo de trabajo (T)</b>	0.23 Seg.
<b>PRODUCCIÓN DE EXCAVADORA E240B</b>	<b>202.9 m<sup>3</sup>/Hr</b>

Fuente: elaboración propia.

La capacidad o producción por hora de la excavadora E240 B está estimada en 202.9 m<sup>3</sup>. En las mismas condiciones de eficiencia del equipo 329 D<sub>2</sub>L.

De la misma manera se calculó la producción por hora de las excavadoras planteadas como opciones dentro de las cuales se consideró también la excavadora 329 D<sub>2</sub>L por lo que es una de las maquinas en posesión del encargado de la maquinaria.

<b>EXCAVADORA 329 D<sub>2</sub>L</b>	
<b>Capacidad de cucharón (Q)</b>	2.5 m <sup>3</sup>
<b>Factor de llenado (F)</b>	90%
<b>Factor de eficiencia operativa €</b>	80%
<b>Tiempo de un ciclo de trabajo (T)</b>	0.23 Seg.
<b>PRODUCCIÓN DE EXCAVADORA E240B</b>	<b>281.7 m<sup>3</sup>/Hr</b>

Fuente: elaboración propia.



La producción por hora de la excavadora 329 D<sub>2</sub>L está estimada en 281.7 m<sup>3</sup>/Hr. Se llegó a presentar la información del cálculo de esta excavadora para recaudar los datos de las cuatro excavadoras.

**Tabla 36.** *Producción de excavadora 345B L SERIE II.*

<b>EXCAVADORA 345B L SERIE II</b>	
<b>Capacidad de cucharón (Q)</b>	1.7 m <sup>3</sup>
<b>Factor de llenado (F)</b>	90%
<b>Factor de eficiencia operativa €</b>	80%
<b>Tiempo de un ciclo de trabajo (T)</b>	0.23 Seg.
<b>PRODUCCIÓN DE EXCAVADORA E240B</b>	<b>191.6 m<sup>3</sup>/Hr</b>

Fuente: elaboración propia.

Para la excavadora 345 B L SERIE II se estimó una producción de 191.6 m<sup>3</sup>/Hr muy por debajo de la excavadora 329 D<sub>2</sub>L.

**Tabla 37.** *Producción de excavadora 330 C L*

<b>EXCAVADORA 330 C L</b>	
<b>Capacidad de cucharón (Q)</b>	2.9 m <sup>3</sup>
<b>Factor de llenado (F)</b>	90%
<b>Factor de eficiencia operativa €</b>	80%
<b>Tiempo de un ciclo de trabajo (T)</b>	0.23 Seg.
<b>PRODUCCIÓN DE EXCAVADORA E240B</b>	<b>329.8 m<sup>3</sup>/Hr</b>

Fuente: elaboración propia.

La producción por hora de la excavadora 330 C L esa estimada en 329.8 m<sup>3</sup>/Hr. Siendo esta excavadora la que más producción realiza En las mismas condiciones de la excavadora 329 D2L. Una vez calculado la producción por hora de las excavadoras propuestos como opciones, se tiene completa la tabla 28 la cual se utilizó en la segunda parte de la metodología multicriterio.

## METODOLOGIA MULTICRITERIO - AHP PARA EXCAVADORA

**Tabla 38.** Metodología AHP - criterio precio de alquiler para excavadoras.

PRECIO ALQUILER									
	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3	OPCIÓN 4	MATRIZ NORMALIZADA				VECTOR PROMEDIO
<b>Opción 1</b>	1	0.3	0.3	0.2	0.08	0.04	0.04	0.12	0.07
<b>Opción 2</b>	3	1	0.2	0.3	0.25	0.11	0.02	0.20	0.14
<b>Opción 3</b>	3	5	1	0.1	0.25	0.54	0.12	0.09	0.25
<b>Opción 4</b>	5	3	7	1	0.42	0.32	0.82	0.60	0.54
<b>SUMA</b>	12	9	9	2					

Fuente: Saaty y Vargas (2008)

Se consideró:

- Para la opción 1 no se consideró algún criterio puesto que la tabla tiene opciones superiores a esta opción.
- La opción 2 es moderadamente mejor que la opción 1,
- La opción 3 es moderadamente mejor que la opción 1, y fuertemente más aceptable que la opción 2.
- La opción 4 es fuertemente más aceptable que la opción 1, es moderadamente mejor que la opción 2, y es muy fuerte en relación a la opción 3

Al calcular toda la matriz en relación al criterio PRECIO DE ALQUILER de las excavadoras la matriz nos proporciona la opción 4 como una opción a considerar con un 54 %.

**Tabla 39.** Metodología AHP - criterio precio capacidad de cuchara para excavadoras.

CAPACIDAD DE CUCHARA									
	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3	OPCIÓN 4	MATRIZ NORMALIZADA				VECTOR PROMEDIO
<b>opción 1</b>	1	0.2	3	0.2	0.088	0.046	0.167	0.119	0.11
<b>opción 2</b>	5	1	7	0.3	0.441	0.230	0.389	0.199	0.31
<b>opción 3</b>	0.3	0.1	1	0.1	0.029	0.033	0.056	0.085	0.05
<b>opción 4</b>	5	3	7	1	0.441	0.691	0.389	0.597	0.53
<b>SUMA</b>	<b>11.3</b>	<b>4.3</b>	<b>18</b>	<b>1.7</b>					

Fuente: Saaty y Vargas (2008)

Se consideró:

- La opción 1 es moderadamente mejor que la opción 3.
- La opción 2 es fuertemente más aceptable que la opción 1, y es muy fuerte sobre la opción 7.
- Para la opción 3 no se consideró alguna escala de calificación sobre las demás opciones ya que es la opción menos favorable.
- La opción 4 es fuertemente más aceptable que la opción 1, es moderadamente mejor que la opción 2, y es muy fuerte sobre la opción 3.

Al calcular toda la matriz en relación al criterio CAPACIDAD DE CUCHARA de las excavadoras, la matriz nos proporciona la opción 4 como una opción a considerar con un 53 %.

**Tabla 40. Metodología AHP - criterio capacidad de combustible para excavadoras.**

CAPACIDAD DE COMBUSTIBLE									
	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3	OPCIÓN 4	MATRIZ NORMALIZADA				VECTOR PROMEDIO
<b>opción 1</b>	1	0.3	0.1	0.1	0.045	0.029	0.068	0.026	0.04
<b>opción 2</b>	3	1	0.2	0.2	0.136	0.088	0.122	0.046	0.10
<b>opción 3</b>	9	5	1	3	0.409	0.441	0.608	0.696	0.54
<b>opción 4</b>	9	5	0.3	1	0.409	0.441	0.203	0.232	0.32
<b>SUMA</b>	<b>22.0</b>	<b>11</b>	<b>1.6</b>	<b>4.3</b>					

Fuente: Saaty y Vargas (2008).

Se consideró:

- Para la opción 1 no se presentó condiciones puesto que es la opción con menos probabilidad de aplicación.
- La opción 2 es moderadamente mejor que la opción 1.
- La opción 3 es en extremo más aceptable que la opción 1, fuertemente más aceptable que la opción 2 y moderadamente mejor que la opción 4.
- La opción 4 es en extremo más aceptable que la opción 1, fuertemente más aceptable que la opción 2.

Al calcular toda la matriz en relación al criterio CAPACIDAD DE COMBUSTIBLE de las excavadoras, la matriz nos proporciona la opción 4 como una opción a considerar con un 54 %.

**Tabla 41.** Metodología AHP - criterio tasa de producción para excavadoras.

TAZA DE PRODUCCIÓN									
	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3	OPCIÓN 4	MATRIZ NORMALIZADA				VECTOR PROMEDIO
<b>opción 1</b>	1	0.3	3	0.2	0.107	0.050	0.214	0.130	0.13
<b>opción 2</b>	3	1	3	0.2	0.321	0.150	0.214	0.130	0.20
<b>opción 3</b>	0.3	0.3	1	0.1	0.036	0.050	0.071	0.093	0.06
<b>opción 4</b>	5	5	7	1	0.536	0.750	0.500	0.648	0.61
<b>SUMA</b>	9	7	14	2					

Fuente: Saaty y Vargas (2008)

Se consideró:

- la opción 1 es moderadamente mejor que la opción 3.
- La opción 2 es moderadamente mejor que la opción 1, y moderadamente mejor que la opción 3
- Para la opción 3 no se consideró algún criterio puesto que la tabla tiene opciones superiores a esta opción.
- La opción 4 es fuertemente más aceptable que la opción 1, es fuertemente más aceptable que la opción 2, y es muy fuerte en relación a la opción 3

Al calcular toda la matriz en relación al criterio TAZA DE PRODUCCIÓN de las excavadoras, la matriz nos proporciona la opción 4 como una opción a considerar con un 61 %.

**Tabla 42.** Metodología AHP - matriz de comparación por pares.

MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES - CRITERIOS
---

	ALQUIEN	CUCHARA	COMBUST, PRODUCC.		MATRIZ NORMALIZADA				VECTOR PROMEDIO
<b>ALQUILER</b>	<b>1</b>	0.3	0.1	0.1	<b>0.050</b>	<b>0.045</b>	<b>0.014</b>	<b>0.050</b>	0.04
<b>CUCHARA</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	0.2	1.0	<b>0.150</b>	<b>0.136</b>	<b>0.019</b>	<b>0.450</b>	0.19
<b>COMBUST.</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	0.11	<b>0.350</b>	<b>0.682</b>	<b>0.097</b>	<b>0.050</b>	0.29
<b>PRODUC.</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>0.450</b>	<b>0.136</b>	<b>0.870</b>	<b>0.450</b>	0.48
<b>SUMA</b>	<b>20</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>2.2</b>					

Fuente: elaboración propia.

Se consideró:

- Para el ALQUILER no se consideró algún criterio en relación a los demás criterios puesto que la tabla tiene opciones superiores a esta.
- La capacidad de CUCHARA es moderadamente mejor que el alquiler.
- La capacidad de COMBUSTIBLE es muy fuerte sobre el alquiler, es fuertemente aceptable a la capacidad de la cuchara.
- La PRODUCCIÓN es en extremo más aceptable que el alquiler, igual a la capacidad de cuchara y en extremo más aceptable que la capacidad de combustible

Al calcular toda la matriz en relación al criterio de COMPARACION POR PARES de las excavadoras, la matriz nos proporciona a la PRODUCCION como una opción a considerar con un 48 %.

**Tabla 43.** *Ponderación final de las 4 opciones de excavadoras*

	ALQUILE	CAPACIDA	COMBUSTIBL	PROUCC	
	R	D	E	.	
<b>OPCION 1</b>	0.33	0.11	0.04	0.13	0.11
<b>OPCION 2</b>	0.07	0.31	0.10	0.20	0.19
<b>OPCION 3</b>	0.26	0.05	0.54	0.06	0.21
<b>OPCION 4</b>	0.34	0.53	0.32	0.61	0.50
<b>PROMEDI</b>	0.04	0.19	0.29	0.48	
<b>O</b>					

Fuente: Saaty y Vargas (2008)

Como nos muestran las tablas 26 y 38, la metodología AHP nos presentó a la opción 2 para los cargadores (cargador 950 H) y la opción 4 para las excavadoras (330 C L) como las opciones con más asertividad para la optimización de la productividad en la cantera RB. **Ver anexo 29.**

- El cargador frontal obtuvo un 51 %.
- La excavadora 330 CL obtuvo un 50 %.

**Comparación de los indicadores de la Maquinaria antigua y la obtenida de la Metodología multicriterio AHP.**

**Tabla 44.** *Comparación entre cargador L90F y 950H*

CARGADOR FRONTAL		CARGADOR FRONTAL	
Serie	L 90 F	Serie	950 H
<b>Cap. cuchara</b>	2.6 m <sup>3</sup>	Cap. cuchara	3.5 m <sup>3</sup>
<b>Cap.</b>	224	Cap.	314
<b>combustible</b>		Combustible	
<b>Alquiler /día</b>	S/. 170.00	Alquiler /día	S/. 180.00
<b>Producción</b>	246.9 m <sup>3</sup> /h	Producción	473.1 m <sup>3</sup> /h

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar ambos cargadores podemos apreciar que el cargador 950 H es superior en todos los aspectos, en capacidad de cuchara tiene 0.9 m<sup>3</sup> más que el cargador L



90 F. supera también gasto por consumo y capacidad de combustible. Utiliza 90 litros de combustible más que el cargador L 90 F. en el pago de alquiler la diferencia es de 10 soles para la mejor opción con una producción de casi el doble del cargador L90F.

*Tabla 45. Comparación entre excavadora 329DLI y 330CL*

<b>EXCAVADORA</b>		<b>EXCAVADORA</b>	
<b>Serie</b>	329 D <sub>2</sub> L	Serie	330 C L
<b>Cap. cuchara</b>	2.6m <sup>3</sup>	Cap. cuchara	2.9 m <sup>3</sup>
<b>Cap. combustible</b>	520 Ltrs	Cap. Combustible	618 Ltrs
<b>Alquiler /día</b>	S/. 170.00	Alquiler /día	S/. 180.00
<b>Producción</b>	320.9 m <sup>3</sup> /h	Producción	357.9 m <sup>3</sup> /h

Fuente: elaboración propia.

Al aplicar la metodología AHP. Se puede solucionar una serie de problemas con un aporte de soluciones mucho mayor para una optimización del proceso de producción de la cantera RB.

Al comparar ambos resultados, Se puede apreciar que para la excavadora 329 D2L la mejor opción para seleccionar sería la excavadora 330 CL, la cual a diferencia del cargador solo supera a la antigua maquinaria de 4 – a 5,5%.

Tanto para el cargador y la excavadora, la metodología nos indica que se elevan todos los índices dependiendo del aprovechamiento y de la capacitación de los trabajadores al operar las maquinarias.

#### **IV. DISCUSIÓN.**

Los resultados comprueban la hipótesis planteada respecto a si se elabora la herramienta multicriterio AHP se optimizará la productividad en la cantera RB, ferreñafe. Ya que a través de la lluvia de ideas y la decisión en grupo se pudo focalizar los criterios: alquiler, capacidad de cuchara, combustible, y producción por hora tanto de la excavadora 329 D<sub>2</sub>L como del cargador frontal L90F. Lo mismo que concuerda con Josef (2015) quien señala que para la metodología AHP es necesaria la focalización de opciones de solución juntamente con los criterios, considerado la organización en los diferentes procesos del método.

También se está de acuerdo con lo manifestado por Sánchez, (2018) quien menciona que se debe tener en cuenta un plan de trabajo y una organización establecida en las distintas áreas de donde se extraen agregados. Al igual que Josef (2015) menciona que la limpieza y organización brinda mejores ambientes para la óptima toma de decisiones al momento de enfrentar alguna falla técnica de maquinaria en las labores de trabajo. Esto es de suma importancia ya que en este trabajo de investigación se pudo identificar que no trabajan siguiendo una organización ni mucho menos un plan de trabajo.

Asimismo, dentro de las actividades de producción, concordamos con lo que dice Urrutia, (2017) quien menciona que el operario debe de tener conocimiento y aplicar la guía de mantenimiento en relación a los equipos en la etapa de producción. Capacitar continuamente al personal y monitorear las actividades de la cantera. Sin embargo, los operarios de la cantera RB no conocen las especificaciones básicas de la maquinaria que operan y no son capacitados constantemente y de esa manera aprovechar al máximo el rendimiento de los equipos.

No se está del todo de acuerdo con Bustamante, (2018). El menciona que las demoras más significativas ocurren en el refrigerio, almuerzo y cambio de turno. Sin embargo, en esta investigación nos damos cuenta que las demoras ocurren también en el momento en que los volquetes ingresan a la cantera y son registrados, generando colas y retrasando la entrega de los agregados.

Realmente los resultados pudieron confirmar que la maquinaria de la empresa no aporta de manera satisfactoria un rendimiento aceptable, ya que genera costos por no realizar el mantenimiento previsto en un tiempo determinado de producción de maquinaria, en ello estamos de acuerdo con lo expuesto por Sánchez y Rivera, (2018)

## V. CONCLUSIONES

1. La propuesta de metodología multicriterio AHP señala que para su elaboración se deben considerar 4 criterios específicos para cada opción presentada como solución. en este caso se analizaron los criterios de alquiler de la maquinaria, capacidad de cucharón de cada uno de los equipos, capacidad de combustible y la producción por hora. Esto indico que la opción 4 (excavadora 330 CL) es la opción con mejores indicadores de producción que facilitara el incremento de la productividad en la cantera RB del mismo modo la opción 2 (cargador frontal 950H) quienes producen 357.9 m<sup>3</sup>/h 473.1 m<sup>3</sup>/h respectivamente.
2. En la identificación y evaluación de las actividades de riesgo que dificultan la producción con relación a la maquinaria en la cantera “RB”, encontramos que a diario los trabajadores exponen sus vidas en las instalaciones del área de trabajo. Para ello se presentó una escala de evaluación numérica en la que 1. Es leve 2. Es grave, 3. Fuerte y 4 es fatal, Es decir, (1) los trabajadores desconocen las especificaciones de la maquinaria, (2) no usan equipos de protección personal adecuados, (3) se exponen a diario a las condiciones ambientales, polvos. Etc. Y (4) invaden las áreas en las que transitan la maquinaria.
3. Para analizar los tiempos que desarrollan cada una de las maquinarias se tuvo que realizar una serie de tablas para calcular el rendimiento diario de las operaciones de carguío y acarreo. la producción diaria de la excavadora 329D<sub>2</sub>L fue: 2567.2 m<sup>3</sup>, y del cargador frontal L90F fue de 1975.2 m<sup>3</sup>. Para usar la metodología AHP se consideraron criterios como: precio de alquiler, capacidad de cuchara, capacidad de combustible y además fue necesario calcular la producción por hora de las maquinarias que se consideraron como opciones

4. Al plantear la metodología AHP, para la excavadora 329D<sub>2</sub>L, la mejor opción para su reemplazo fue la excavadora 330 CL produciendo 2863.2 m<sup>3</sup>. por otro lado, la opción que mejor conviene alquilar en remplazo del cargador L90F es el cargador 950 H produciendo 3784.8 m<sup>3</sup> diarios de material.
5. Al final del procedimiento de la metodología se pudo notar una ligera diferencia entre la excavadora 329 D<sub>2</sub>L y la excavadora 330 CL de 296 m<sup>3</sup> de material removido. Sin embargo, en donde se refleja una mayor diferencia de producción es entre los cargadores L90F y 950 H de 1809.6 m<sup>3</sup> por día.

## **V. RECOMENDACIONES**

La metodología multicriterio AHP no está limitada a la cantera “RB” si no también a cualquier rubro que necesite aumentar su productividad considerando distintos criterios, adicionales, los que se tomaron para la elaboración de este trabajo de investigación. En este caso se considera necesario el cálculo del rendimiento de la maquinaria que se pretende realizar diariamente en base a la producción de los equipos de la cantera “RB”.

Los trabajadores y operarios de la cantera “RB” tendrán que considerar las especificaciones técnicas para un buen rendimiento de los equipos. Teniendo en cuenta también los costos que genera el mantenimiento forzado de la maquinaria en la cantera para obtener una mejora significativa.

Con respecto a la oficina de la cantera RB se le recomienda brindar la información requerida por los estudiantes para un mejor procesamiento de información y de tal manera brindar una investigación de calidad contribuyendo al dominio y conocimiento del tema investigado apoyado por medio de teorías aplicadas.

Del mismo modo, se les recomienda a los estudiantes que están interesados en el área de investigación, particularmente a temas como este, aplicar esta investigación para la ampliación de datos. Y en adquirir más conocimientos basados en optimización y metodología multicriterio AHP. En las diferentes aplicaciones con objetividad, precisión y validez de los resultados de campo.

## REFERENCIAS

ARATA, Christian. Optimización de la gestión operacional en consorcio minero Horizonte S.A. Tesis (Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil). Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, 2012.201pp

Disponible en:

<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2148>

ALDABA, Juan. Prototipo de Sistema de Soporte de Decisión (SSD) mediante Proceso Analítico Jerárquico (PAJ). Tesis (Ingeniería de Minas). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2012.199pp

Disponible en:

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3463>

AZMIÑO Galarza, Fernando. Aplicación del proceso de análisis Jerárquico (AHP) en la priorización de peligros en productos importados al Ecuador como vehiculizadores de encefalopatía espongiforme bovina [en línea]. Santiago, Chile: Universidad de Chile - Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, 2014 [Fecha consulta: 1 de diciembre 2019].

Disponible en:

<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/151543>.

BENITO Cuba, Omar, Y HUAMAN Mendoza, Iván. Optimización y modernización en el proceso de obtención de arena de sílice para incrementar la producción en la cantera Santa Rosa 94-I C.C. Llocllapampa. Tesis (Facultad de Ingeniería de Minas) Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2014.221pp

Disponible en:

<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1335?show=full>

BOBADILLA, Julio. Toma de decisiones y la productividad laboral en Jcodee S.A.C Lima Los Olivos. Tesis (facultada de administración). Perú: universidad cesar vallejo, 2018.69pp

Disponible en:

<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/24683>

CONDORI, Roy. Optimización de la operación unitaria de transporte con la aplicación de estándares de diseño de vías en la Unidad Minera Corihuarmi – 2016, La Unidad Minera Corihuarmi se encuentra ubicada en la cordillera de los Andes en

el departamento de Junín. Tesis (Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano 2017-124pp

Disponible en:

[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5753/Condori\\_Catacora\\_Ro\\_y\\_Fernando.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5753/Condori_Catacora_Ro_y_Fernando.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

CARLOS, Romero. Análisis De Las Decisiones Multicriterio [en línea]. 4. a ed. Madrid. Noviembre - 1996 1.250 ejemplares [fecha de consulta: 19 de octubre de 2019].

ISBN: 84-89338-14-0

Disponible:

[https://www.academia.utp.ac.pa/sites/default/files/docente/51/decisiones\\_multicriterio.pdf](https://www.academia.utp.ac.pa/sites/default/files/docente/51/decisiones_multicriterio.pdf)

CORNEJO, Jorge. Optimización en la producción de agregados de construcción - unidad minera no metálica Jesús de Nazaret, ubicada el distrito de Uchumayo del departamento de Arequipa. Tesis (Ingeniería de Minas). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín 2015 – 143pp

Disponible en:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/172/B2-M-18290.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CONCHA, Adolfo. Incidencia del modelo multicriterio con enfoque de proceso de análisis jerárquico en la gestión de la zonificación ecológica económica del Gobierno Regional de Huancavelica Lima. Tesis (Facultad de Ciencias de la Administración). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015.160pp

Disponible en:

<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4180/Concha%20Flores.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CHOQQUESACA, Cesar. Costos de servicios de transporte de carga y fijación de los fletes de la empresa transportes de carga LEIVA H. E.I.R.L. – Cusco, periodo 2016 ubicado en la ciudad de Cusco, Perú. Tesis (contabilidad). Cusco: universidad Andina del Cusco, 2017.92pp.

Disponible en:



[http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/1479/3/Eber\\_Juan\\_Tesis\\_bachiller\\_2017.pdf](http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/1479/3/Eber_Juan_Tesis_bachiller_2017.pdf)

ESTRADA, Francisco. Manual de Mantenimiento Integral en la Empresa. Madrid, 2015. 102p

ISBN, 8495428180

Disponible en:

<https://sites.google.com/site/schumihpsicout/manual-de-mantenimiento-integral-en-la-empresa-66669217>.

EDGARD Zapata, G. Maquinaria para la Construcción de Carreteras. Artículo (Ingeniería de Minas). Colombia: Universidad Nacional Sede Medellín, 2014.7pp

Disponible en:

<http://www.docentes.unal.edu.co/eazapata/docs/MAQ-CLASE%2014.pdf>.

FONSECA Loya, Nixon. Optimización del proceso de minado y clasificación del material de construcción en el área minera Tanlahua – 2017. El área minera Tanlahua se encuentra localizada en la ciudad de Quito en Ecuador. Tesis (Ingeniería de minas). Quito: universidad central de Ecuador. 2017 – 191pp

Disponible en:

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/11370/1/T-UCE-0012-53.pdf>.

GALVEZ, Gaudencio. Aplicación del método multi-criterio en la selección de personal para el desempeño laboral. Tesis (Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de Minas). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2014.133pp

Disponible en:

<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1364/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GUERRA, Carlos. Plan de lubricación para mejorar la disponibilidad de las maquinarias pesadas utilizada en el mantenimiento de carreteras en la empresa ICCGSA – 2014, localizada en la ciudad de Huancayo en el departamento de Junín. Tesis (ingeniería mecánica). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú 2014 – 215pp

Disponible en:

[http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/286/TEMEC\\_06.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/286/TEMEC_06.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

GONZALO, Rosendo. Herramientas de gestión de control y optimización a nivel de costos en un proyecto a modalidad de precios unitarios. Tesis (facultad de Ingeniería de Minas). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2013.

Disponible en:

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/14950>

GARCÍA, Julio. Productividad de equipo pesado en obras de movimiento de tierras. Tesis (facultad de Ingeniería de Minas). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2017. 166pp

Disponible en:

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/9287>

GALLARDO, Silvio. Gestión para el beneficio, seguridad y mejoramiento de la producción en el horario de refrigerio (cambio de operador) de minera Yanacocha. Tesis (facultad de Ingeniería de Minas). Cajamarca: Universidad Nacional de Ingeniería, 2015. 132pp

Disponible en:

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3420>

GUILLÉN, Félix. Optimización de las líneas de producción en la empresa de la sal mediante el reemplazo de maquinaria y equipo. Tesis (facultad de Ingeniería Industrial). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 1995. 46pp

Disponible en:

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/263>

HIDALGO Bastidas, Esteban. Gestión de costos en explotación minera subterránea de la mina La Maná, ubicada en la región costa del Ecuador, provincia de Cotopaxi, cantón La Maná, parroquia La Maná. Tesis (Ingeniería de Minas). Quito: Universidad Central del Ecuador 2016. 64pp

Disponible en:

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7297/1/T-UCE-0012-38.pdf>

JOSEC, Edwin. Mejoramiento de la productividad en operaciones de movimiento de materiales mediante la técnica del árbol de decisiones y factor de acoplamiento

proyecto inmaculada, se ubica políticamente en el distrito de Oyolo, provincia Paucar del Sara Sara en el departamento de Ayacucho. Tesis (Ingeniería de Minas). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín 2015. 170pp

Disponible en:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/246/B2-M-18434.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LOAYZA, Marco. Uso del criterio AHP para la toma de decisiones. Tesis (Ingeniería estadística e informática). Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina, 2015. 82pp.

Disponible en:

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2043/E20-L63-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

LOPEZ, Yuri. Implementación de un sistema de gestión de calidad basado en la Norma ISO 9001:2008 para mejorar el mantenimiento preventivo de la grúa de arrastre en la concesión vial AHP. Tesis (Facultad de Ingeniería Mecánica). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2016. 127pp

Disponible en:

<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4740/Lopez%20Qui%c3%b1onez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MURGA, Aldo. Mejora de la productividad en el ciclo de carguío y acarreo en mina Pucamarca - MINSUR SA Tesis (ingeniería de minas). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2016. 149pp

Disponible en:

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4567>

MENDIETA, Luis. Optimización de los costos operativos en la unidad Cerro Chico. Tesis (ingeniería de minas). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014. 130pp

Disponible en:

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/5946>.

MALDONADO, Herman Y SIGUENZA, Luis. Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria Pesada de la Empresa Minera Dynasty Mining del

cantón Portovelo. Ubicado en la localidad de Portovelo en el sector Cabo de Hornos. Tesis (ingeniería Mecánica). Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2012.173pp

Disponible en:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1759/12/UPS-CT002328.pdf>.

MENDOZA, Suhani Y VELASCO, Kabir. Optimización en la Selección de Maquinarias Pesada para el Paquete Estructural de la Vía Piady y de la Extracción del Material en la Cantera Luzaqui. Tesis (Ingeniería Civil). Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 2018.108pp

Disponible en:

<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/29639>

MENACHO, Ernesto. Ciclo Optativo de Especialización y Profesionalización en Gestión de Calidad y Auditoría Ambiental. Tesis (Ingeniería ambiental). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2016.160pp.

Disponible en:

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2260>

MACAVILCA, Carol. Optimización del proceso de mantenimiento de equipos mayores de una empresa de construcción y automatización de información generada para la toma de decisiones. Tesis (facultad de Ingeniería de Sistemas). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2014.

Disponible en:

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/5719>.

NAVARRO, Luis, PASTOR, Ana Y MUGABURU, Miguel. Gestión integral de mantenimiento. Barcelona: Marcombo, 1997. 112 p. Productiva.

ISBN: 9788426711212

Disponible en:

[https://www.biblio.uade.edu.ar/client/es\\_ES/biblioteca/search/detailnonmodal/ent:\\$002f\\$002fSD\\_ILS\\$002f0\\$002fSD\\_ILS:266272/ada?qu=TEJIDOS&ic=true&ps=300](https://www.biblio.uade.edu.ar/client/es_ES/biblioteca/search/detailnonmodal/ent:$002f$002fSD_ILS$002f0$002fSD_ILS:266272/ada?qu=TEJIDOS&ic=true&ps=300)

.

NÚÑEZ, Pilar. Utilización de técnicas de minería de datos para la identificación de rasgos de comportamiento en procesos de aprendizaje colaborativo en modelos de E-Learning y Blearning. Tesis (Escuela de Post Grado Ciencia e Ingeniería de la

Computación). Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2016. 148pp

Disponible en:

<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2562?show=full>

NELZON, Alvarado. Gestión en la producción de agregados para pavimentos, caso Quinua – San Francisco Tramo I. Tesis (facultad de Ingeniería civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, 2013.151pp

Disponible en:

<http://cybertesis.urp.edu.pe/handle/urp/425>

OSORIO Gómez, JUAN Carlos, OREJUELA Cabrera, JUAN Pablo El Proceso De Análisis Jerárquico (AHP) Y La Toma De Decisiones Multicriterio. Ejemplo De Aplicación. Scientia Et Technica [en línea]. 2008, XIV (39), 247-252[fecha de Consulta 14 de diciembre de 2019].

ISSN: 0122-1701.

Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84920503044>

ORELLAMA Jara, Felipe. Modelo integrado de simulación y optimización para planes mineros de mediano plazo en minería a cielo abierto [en línea]. Santiago, Chile: Universidad de Chile - Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2018 [Fecha consulta: 2 de julio 2019].

Disponible en:

<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/151868>.

PARADA Gutiérrez, Óscar Un Enfoque Multicriterio Para La Toma De Decisiones En La Gestión De Inventarios. Cuadernos de Administración [en línea]. 2009, 22(38), 169-187[fecha de Consulta 14 de diciembre de 2019].

ISSN: 0120-3592.

Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20511730009>

RIVERA, Ricardo. Mejoramiento de la flota de carguío y acarreo en operaciones mina, para el incremento de la producción, sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.

Ubicada entre los distritos de Uchumayo, Yarabamba y Tiabaya, provincia y departamento de Arequipa. Tesis (Ingeniería de Minas). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2018-139pp

Disponible en:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7732>.

RODRÍGUEZ, José. Optimización de la gestión operativa en interior de Mina: Unidad Parcoy – Consorcio Minero Horizonte. Tesis (facultad de Ingeniería de Minas). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2006.

Disponible en:

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/693>

SUMANTH, David J. Administración para la productividad total: un enfoque sistémico y cuantitativo para competir en calidad, precio y tiempo. México, D.F.: Compañía Editorial Continental, 1999. xviii, 396 p.

ISBN 9789682611582.

Disponible:

<https://www.redalyc.org/pdf/206/20619966006.pdf>

SÁNCHEZ, Roberto. Propuesta de planificación mediante un pronóstico dinámico para la optimización del proceso de abastecimiento de agregados en una empresa concreta. Tesis (ingeniería de Minas). Perú: Universidad Privada del Norte. 2018/03/03-91pp

Disponible en:

[http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13729/SANCHEZ\\_MARQUIN\\_A\\_ROBERTO\\_MITCHAIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13729/SANCHEZ_MARQUIN_A_ROBERTO_MITCHAIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

SALDIVAR, Giuliana. Aplicación del método AHP en el tratamiento de riesgos en la cadena de suministros de la empresa Sancela Lima. Tesis (licenciatura en ingeniería industrial y de sistemas). Lima: Universidad de Piura, 2016.38pp

Disponible en:

<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2605>

TARRILLO, Carlos. Optimización y sistema de control en carguío y acarreo en la cantera de caliza de Atocongo-UNACEM. Tesis (facultad de Ingeniería de Minas). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2013.

Disponible en:

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/10691>

URRUTIA GOLDSACK, Diego. Optimización en la asignación de estacionamientos de los camiones de extracción para el cambio de turno mediante la utilización de redes neuronales y árboles de decisión [en línea]. Santiago, Chile: Universidad de Chile - Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2017 [Fecha consulta: 2 de julio 2019].

Disponible en:

<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/146295>.

ISBN: 9788426711212.

VILLADEZA, Joel. Optimización del proceso de explotación de canteras en la carretera Canta – Huayllay. Tesis (facultad de Ingeniería civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2018.

Disponible en:

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/17859>



## ANEXOS

### ANEXO 1. Matriz de consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
GESTIÓN MULTICRITERIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA CANTERA RB, FERREÑAFE.						
PROBLEMA	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	MÉTODO	POBLACIÓN
<b>Falta de supervisión y baja productividad en la cantera RB, Ferreñafe.</b>	¿Qué tipo de gestión permitirá optimizar la producción en la cantera de la empresa “RB”?	GENERAL			<b>TÉCNICA</b> Investigación documental. Técnica de campo Técnica de observación directa	Maquinaria en alquiler de la cantera “RB”
		Proponer la gestión multicriterio para la optimización de la productividad en la cantera RB, Ferreñafe.	La gestión multicriterio AHP permitirá optimizar la productividad en la cantera RB,	GESTIPÓN MULTICRITERIO. V.I.	<b>INSTRUMENTO</b> Guía de observación de campo y gabinete Matriz de recolección de datos Metodología AHP. Plantilla de rendimiento.	
		ESPECIFICOS				
		Identificar y evaluar los riesgos que alteran y dificultan la producción en relación a la maquinaria de la cantera RB.	Ferreñafe – 2019.	OPTIMIZACIÓN DE PRODUCTIVIDAD. V.D.		<b>MUESTRA</b> Se consideraron: tiempos, capacidad de carga, horas trabajadas, material removido (producción por





---

Analizar los  
tiempos que  
desarrollan  
cada una de las  
maquinarias en  
el proceso de  
carguío y  
acarreo  
Plantear la  
metodología  
multicriterio  
AHP para  
optimizar el  
proceso de  
carguío y  
acarreo en el  
área de  
producción.  
Comparar los  
indicadores de  
la maquinaria  
antigua y la  
obtenida de la  
metodología  
multicriterio  
AHP

---

horas, días,  
semanas,  
mensuales.  
etc.) de la  
maquinaria de  
la cantera RB

Fuente: elaboración propia.



## ANEXO 2. Guía de observación para excavadora 329 D2L

PROBLEMA	ESCALA DE EVALUACIÓN				OBSERVACIÓN
	LEVE	GRAVE	FUERTE	FATAL	
Calentamiento de aceite al exigir torque	x				Se vierte el aceite en la superficie del terreno
Es de mantenimiento difícil		x			El acceso a la cantera no es el apropiado
Fallas en el sistema hidráulico		x			Evitar el equipo hidráulico a alta temperatura
No utilizan ni emplean los EPP				x	No se usan cascos ni zapatos punta de acero.
Fugas de aceite	x		x		Derrame
Reemplazo innecesario de filtro o fluidos	x				Mal funcionamiento
La capacitación de los operadores es pésima			x		No conocen las especificaciones de los equipos
Costos elevados por mantenimiento			x		El mantenimiento es descentralizado
falta de potencia	x				Filtro de aire muy sucio
Posición inadecuada en áreas de trabajo				x	Los operarios crean sus plataformas de trabajo
Humo negro	x		x		Consumo de aceite
Arranque difícil del motor	x				Demora y expulsa humo negro al arrancar
Vida útil- calidad		x			Desgaste de maquinaria
Demoras operativas			x		Colas
Suciedad	x	x			Alto nivel de polvos

Fuente: elaboración propia.



### ANEXO 3. Guía de observación para el cargador L90F

ESCALA DE EVALUACIÓN					OBSERVACIÓN
PROBLEMA	LEVE	GRAVE	FUERTE	FATAL	
vida útil	x				Desgaste considerado
Neumáticos en desgaste	x				Desgaste acelerado
Disponibilidad de repuestos				x	La maquinaria no tiene como disponer o reemplazar las averías
Paradas imprevistas			x		Demoras, paradas y recepción de llamadas y comprobantes
Mayor consumo de combustible			x		La maquinaria está encendida sin desarrollar labores
Inestabilidad al cargar el material		x			Bases a nivel del suelo desniveladas
Pérdida de tiempo en colas			x		Colas de volquetes formadas por registro de caseta
Fuga de aceite		x			Derrame
Recalentamiento del motor			x		Sobre esfuerzo
Sistema eléctrico	x				Cables deteriorados
Estado del cucharón		x			Cuchara desgastada
Consumo de aceite		x			Cambios durante el día
Sistema de refrigeración	x				Refrigeración lenta
Frenos			x		Imprecisos
Lubricación	x				Constante

Fuente: elaboración propia.



**ANEXO 4. Guía de observación para el cargador L90F y la excavadora 329 D<sub>2</sub>L**

EQUIPO	CAP. DE CUCHARA	N° PASES	TIEMPO
<b>L 90 F</b>	<b>2.6 M<sup>3</sup></b>	1	29 Seg
		2	23 seg.
		3	23 seg.
		4	25 seg.
		5	31 seg.
		6	27 seg.
		7	30 seg.
		8	29 seg.
		9	31 seg.
		10	25 seg.
		TOTAL	4 Min. 53 Seg.

Fuente: elaboración propia.

EQUIPO	CAP. DE CUCHARA	N° PASES	TIEMPO
<b>329 D<sub>2</sub>L</b>	<b>2.5 M<sup>3</sup></b>	1	0.20
		2	0.21
		3	0.23
		4	0.19
		5	0.20
		6	0.20
		7	0.21
		8	0.22
		9	0.21
		10	0.23
		TOTAL	3 Min 5 Seg

Fuente: elaboración propia.

**ANEXO 5. Plantilla de rendimiento. Indicadores de cargador L90F**

<b>INDICADORES DE CARGADOR FRONTAL L90F</b>	<b>UNIDADES</b>
<b>Galones de consumo por equipo / Horas trabajadas (Gal/Hr)</b>	2.8 Gal/Hr
<b>Metros cúbicos producidos / Horas de carguío (TM/Hr)</b>	2.46 m <sup>3</sup> /h
<b>Horas de trabajo / Mes (Hrs trabajo/Mes)</b>	8Hrs/26 días
<b>Porcentaje de Utilización del Equipo (% Utilización)</b>	80%
<b>Tiempo de ciclo/seg</b>	27.3 Seg.

Fuente: Handbook Caterpillar.

**ANEXO 6. Plantilla de rendimiento Indicadores de excavadora 329D<sub>2</sub>L**

<b>INDICADORES DE EXCAVADORA 329D<sub>2</sub>L</b>	<b>UNIDADES</b>
<b>Galones de consumo por equipo / Horas trabajadas (Gal/Hr)</b>	3.5 Gal/Hr
<b>Metros cúbicos producidos / Horas de carguío (TM/Hr)</b>	320.9 m <sup>3</sup> /h
<b>Horas de trabajo / Mes (Hrs trabajo/Mes)</b>	8Hrs/26 días
<b>Porcentaje de Utilización del Equipo (% Utilización)</b>	80%
<b>Tiempo de ciclo/seg</b>	23 Seg.

Fuente: Handbook Caterpillar.

**ANEXO 7.****Maquinaria de la cantera RB: mantenimiento – operación**

<b>EQUIPO</b>	<b>PRECIO/ALQUILER</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
EXCAVADORA 329 D <sub>2</sub> L	S/ 170.00	1	EN MANTENIMIEN TO
CARGADOR FRONTAL L90F	PROPIO DE LA CANtera	1	EN MANTENIMIEN TO
EXCAVADORA 330 CL	S/180.00	1	EN OPERACIONE S
CARGADOR FRONTAL 950H	S/180.00	1	EN OPERACIONE S

Fuente: elaboración propia

## ANEXO 8. Excavadora 950H en apilado de material



Fuente: elaboración propia



### ANEXO 9. Excavadora 330CL en zona de trabajo



Fuente: elaboración propia.



## ANEXO 10. Localización de la cantera RB – GEOCATMIN

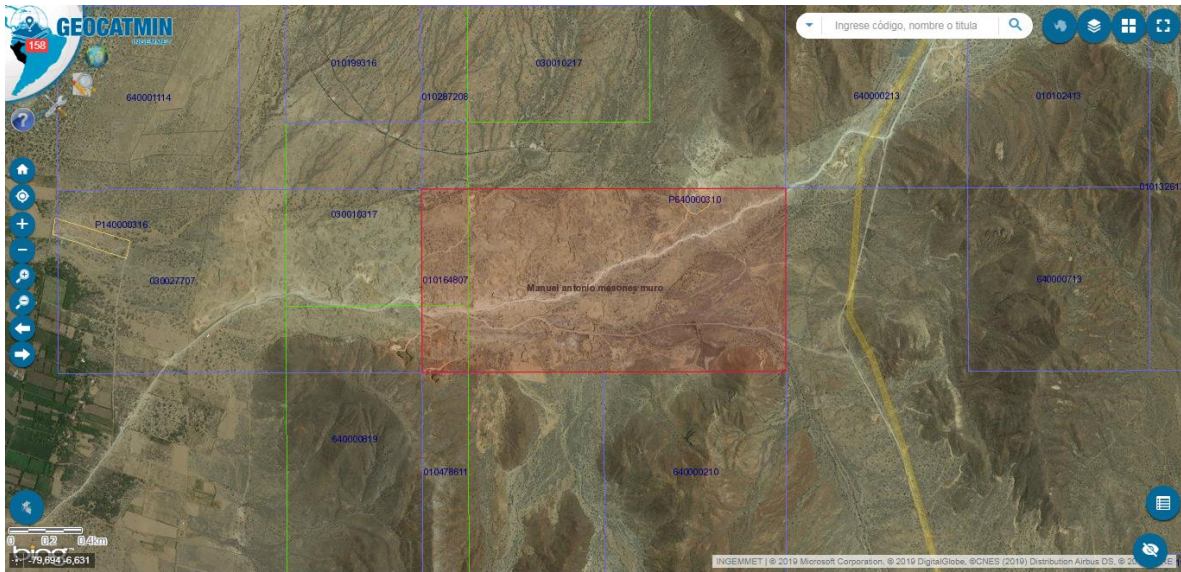


Figura 5. Localización de la cantera RB – GEOCATMIN

## ANEXO 11. Recorrido Chiclayo – Ferreñafe.

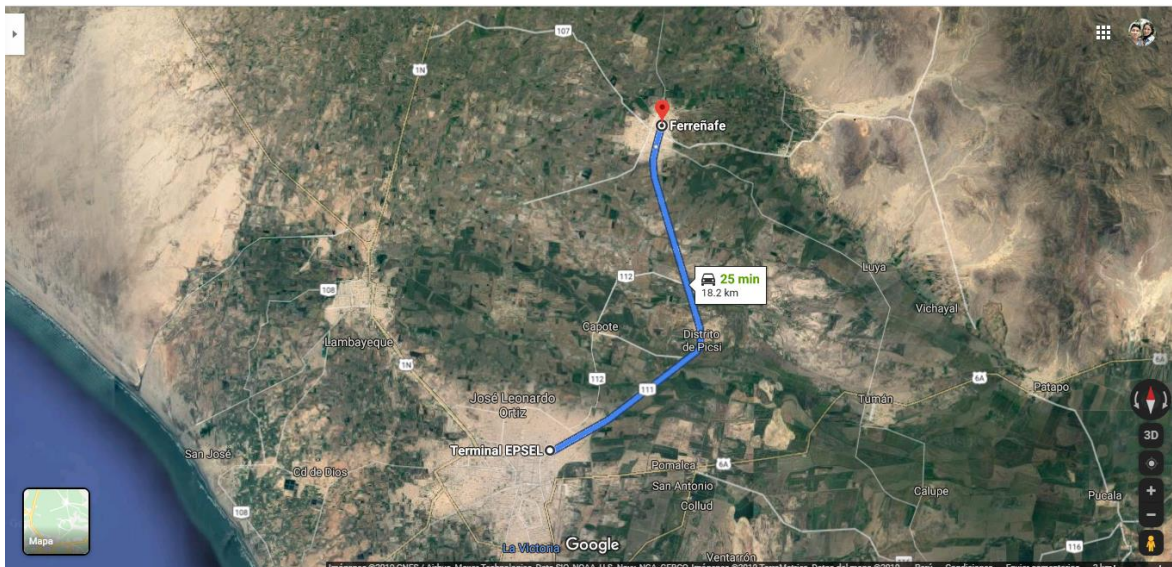


Figura 6. Recorrido Chiclayo - Ferreñafe.



## ANEXO 12. Recorrido Ferreñafe - Manuel Antonio Mesones Muro

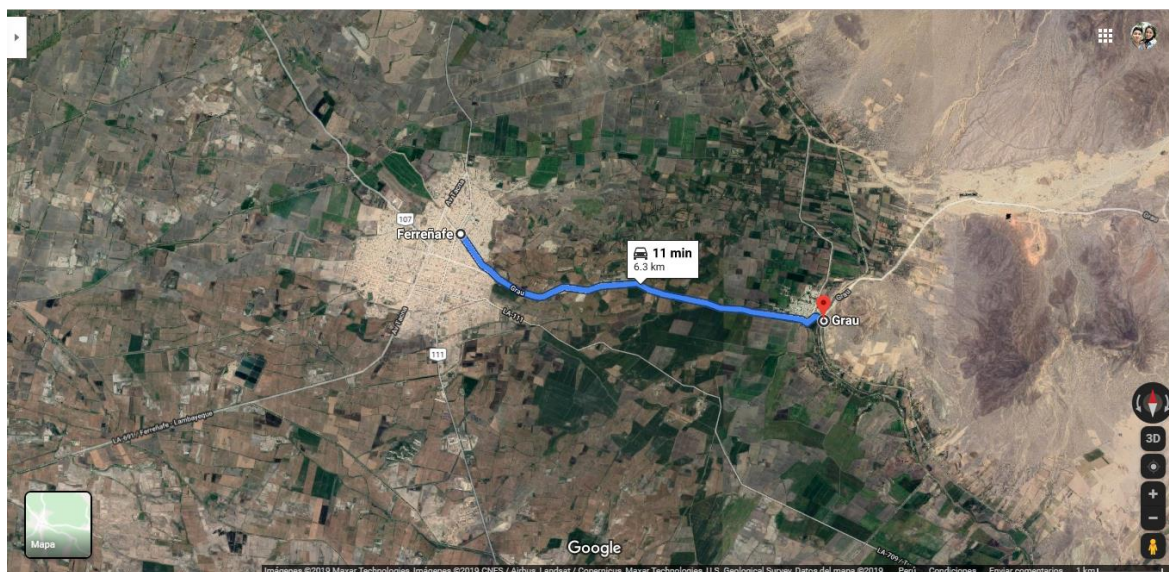


Figura 7. Ferreñafe - Manuel Antonio Mesones Muro

## ANEXO 13. Recorrido Manuel Antonio Mesones Muro – cantera RB

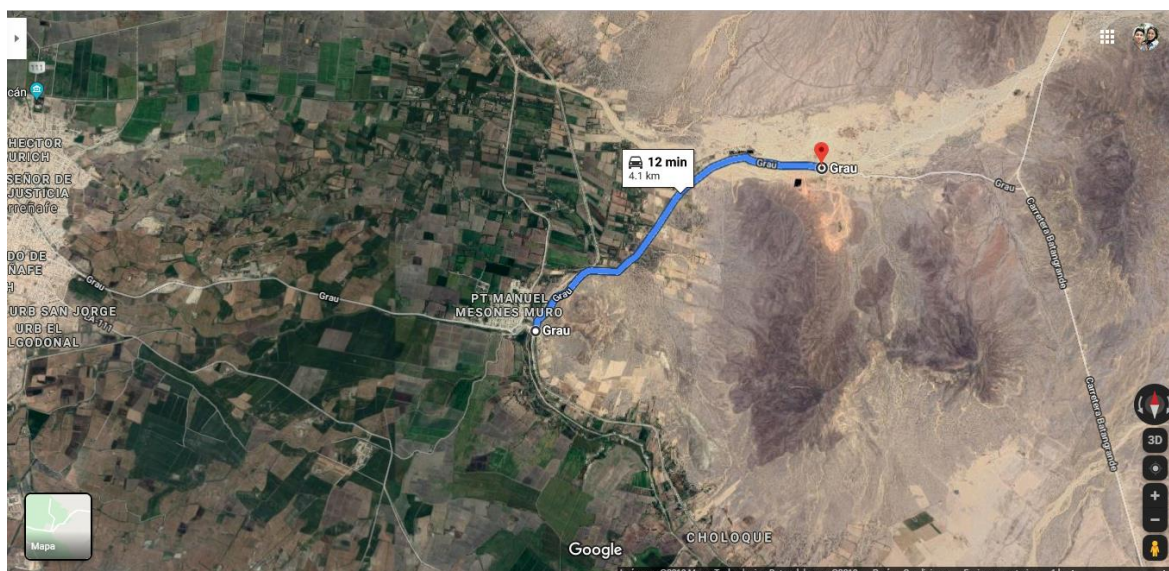


Figura 8. Manuel Antonio Mesones Muro – cantera RB

## ANEXO 14. Topografía y curvas de nivel de la concesión minera 2D.

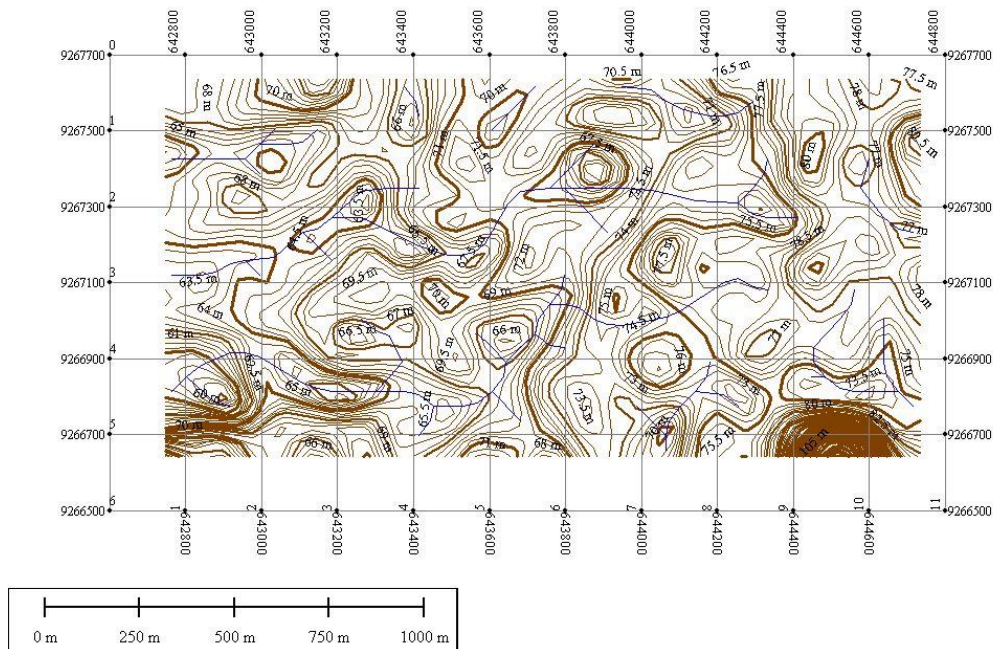


Figura 9. Topografía de la concesión.

## ANEXO 15. Topografía, curvas de nivel y zonas con presencia de agua de la concesión minera

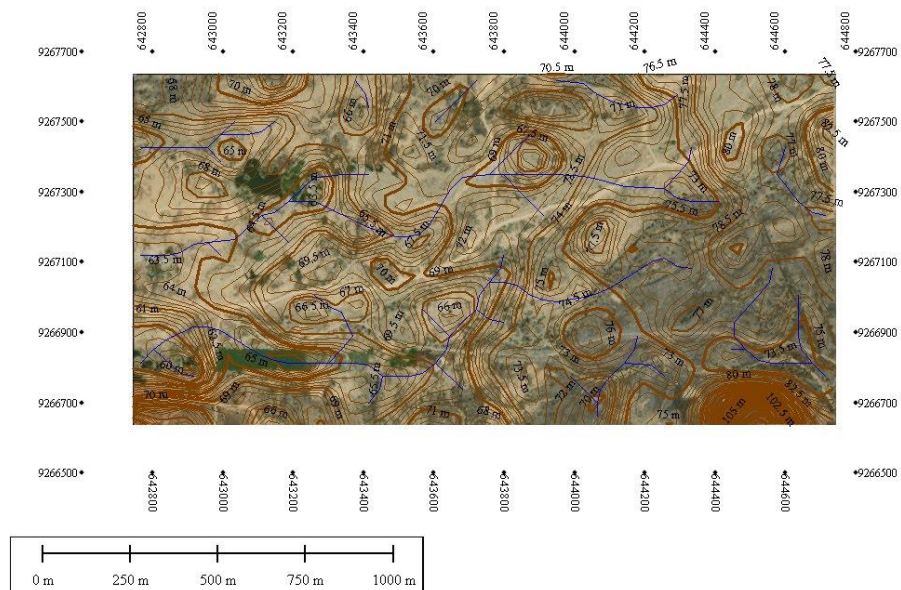


Figura 10. curvas de nivel y redes de drenaje.



## ÁLBUM FOTOGRAFICO



*gráfico 1. Zona de producción*



Fuente: elaboración propia.

*gráfico 2. Excavadora 329 D2L Ejecutando labor de explotación (Desbroce)*



Fuente: elaboración propia.



*gráfico 3. Abastecimiento de material con peligros.*



Fuente: elaboración propia.

*gráfico 4. zaranda principal.*



Fuente: elaboración propia





*gráfico 5. Proceso de selección de agregados*



Fuente: elaboración propia.

*gráfico 6. Proceso de separación manual de agregados*



Fuente: elaboración propia.

*gráfico 7. Apilado de material zarandeado*



Fuente: elaboración propia.

*gráfico 8. Peligros recurrentes en el proceso. (carguío y acarreo).*



Fuente: elaboración propia.



*gráfico 9. Volvo L90F En mantenimiento.*



Fuente: elaboración propia.

*Gráfico 10. Excavadora 329D2L en mantenimiento.*



Fuente: elaboración propia.



*gráfico 11. Excavadora 329D2L en labores a desnivel.*



Fuente: elaboración propia.

*gráfico 12. Equipos de carguío y acarreo mal estacionados.*



Fuente: elaboracion propia.

*gráfico 13. Vía de acceso improvisada.*



Fuente: elaboracion propia.

*gráfico 14. Volquete generando tiempos muerto al no ser abastecida.*



Fuente: elaboración propia.



*gráfico 15. Aceite extraído de maquinaria ubicado a la intemperie.*



Fuente: elaboracion propia.

*gráfico 16. Utensilios de seguridad abandonados.*



Fuente: elaboración propia

*gráfico 17. Frente de explotación abandonado.*



Fuente: elaboracion propia.

*gráfico 18. Solar improvisado para descanso de trabajadores.*



Fuente: elaboración propia.





*gráfico 19. Galones de combustible desechados en cualquier parte.*



Fuente: elaboración propia.

*gráfico 20. Almacenamiento de combustible a la intemperie.*



Fuente: elaboración propia.



*gráfico 21. autores de la elaboración de esta tesis.*



Fuente: elaboración propia



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL DIRECTOR NACIONAL DE ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS:

**Dr. Ing. Beder Erasmo Martell Espinoza**

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

**Bach. Jave de la Cruz, Jeffry David**  
**Bach. Santa Cruz Liza, Luis Enrique**

INFORME TÍTULADO:

**"GESTIÓN MULTICRITERIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA CANTERA RB, FERREÑAFE"**

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

**Ingeniero de Minas**

SUSTENTADO EN FECHA: **29 de abril del 2021**

NOTA O MENCIÓN: **Aprobado por Mayoría**



DIRECCIÓN DE ESCUELA



## ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 11.30 am horas del día, de acuerdo a lo dispuesto por la Resolución de Carrera Profesional N° 053 -2021/UCV-EPIM, de fecha 29 Abril 2021, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación del Trabajo de Investigación titulado: "GESTIÓN MULTICRITERIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA CANTERA R.B. FERREÑAFE," presentada por JAVE DE LA CRUZ, JEFFRY DAVID - SANTA CRUZ LIZA, LUIS ENRIQUE para optar el Título Profesional de INGENIEROS DE MINAS, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

PRESIDENTE GONZALES TORRES JORGE OMAR

SECRETARIO SALAZAR IPANAQUE JAVIER

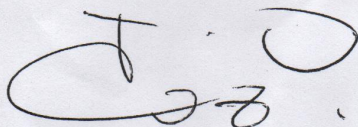
VOCAL SICCHA RUIZ ORLANDO

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

APROBADO POR MAYORIA

Siendo las 12:30 p.m horas del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

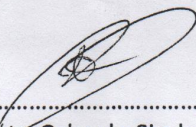
Chiclayo, 29 de Abril de 2021



Mgtr. Jorge Omar Gonzales Torres  
Presidente



Mgtr. Javier Salazar Ipanaque  
Secretario



Mgtr. Orlando Siccha Ruiz  
Vocal





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO


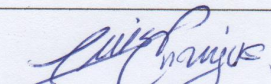
## Autorización de Publicación en Repositorio Institucional


Nosotros, Jave de la Cruz, Jeffry David, identificado con DNI N° 74157600 y Santa Cruz Liza, Luis Enrique identificado con DNI N° 47739583

Egresados de la Facultad de Ingeniería de la Escuela Profesional de Ingeniería de Mimas de la universidad César Vallejo, autorizamos la divulgación y comunicación pública de nuestra Tesis:

"Gestión Multicriterio para la Optimización de la Productividad en la Cantera RB, Ferreñafe".

En el Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipula el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Jave de la Cruz, Jeffry David	
DNI: 74157600	Firma 
ORCID: 0000-0002-8014-2935	
Santa Cruz Liza, Luis Enrique	
DNI: 47739583	Firma 
ORCID: ORCID: 0000-0002-4620-4784	

 INVESTIGA  
UCV





## Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, **Dr. Beder Erasmo Martell Espinoza**, Director Nacional de la Escuela de Ingeniería de Minas de la Universidad César Vallejo – Filial Chiclayo, revisor de la tesis titulada: “**Gestión Multicriterio para la Optimización de la Productividad en la Cantera RB, Ferreñafe**” de los autores **Bach. Jave de la Cruz, Jeffry David y Bach. Santa Cruz Liza, Luis Enrique**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **12%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el trabajo de investigación / tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 26 de abril del 2021

Apellidos y Nombres del Asesor: <b>Martell Espinoza, Beder Erasmo</b>	
DNI: 17831688	Firma  
ORCID: 0000-0002-4169-9212	





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## Declaratoria de Originalidad

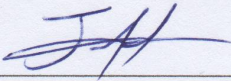
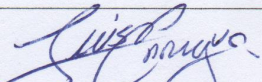
Nosotros, Jave de la Cruz, Jeffry David y Santa Cruz Liza, Luis Enrique, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad César Vallejo filial Chiclayo. Declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulada: "Gestión Multicriterio para la Optimización de la Productividad en la Cantera RB, Ferreñafe."

es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 26 de abril del 2021

Jave de la Cruz, Jeffry David	
DNI: 74157600	Firma 
ORCID: 0000-0002-8014-2935	
Santa Cruz Liza, Luis Enrique	
DNI: 47739583	Firma 
ORCID: 0000-0002-4620-4784	

 INVESTIGA  
UCV